

TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
AKIBAT PEMBANGUNAN JALAN TOL
DI KABUPATEN SIDOARJO
MENGUNAKAN CITRA SATELIT MULTITEMPORAL**

DEVI FARICHAH
NRP 03311540000028

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL ASSIGNMENT - RM184831

ANALYSIS OF LAND USE CHANGES OF SURABAYA-PORONG TOLL ROAD USING MULTITEMPORAL IMAGES

DEVI FARICHAH
NRP 0331154000028

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
AKIBAT PEMBANGUNAN JALAN TOL
DI KABUPATEN SIDOARJO
MENGUNAKAN CITRA SATELIT MULTITEMPORAL**

Nama Mahasiswa : Devi Farichah
NRP : 03311540000028
Jurusan : Teknik Geomatika FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo,
DEA., DESS

Abstrak

Perkembangan suatu daerah mempengaruhi perubahan penggunaan lahan, di mana perkembangan tersebut sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk. Penggunaan lahan adalah bentuk intervensi manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup. Berbagai macam perlakuan dari manusia terhadap lahan akan menjadikan lahan tersebut berubah-ubah pemanfaatannya sesuai dengan kebutuhan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Sidoarjo. Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu kabupaten yang memiliki aksestabilitas cukup baik karena ditunjang oleh jaringan jalan, salah satunya jalan tol Surabaya-Porong. Tingkat aksestabilitas yang tinggi mendorong perkembangan suatu daerah. Perubahan yang tidak terkendali dapat menimbulkan masalah sosial ekonomi dan lingkungan. Oleh sebab itu, diperlukan pemantauan perubahan penggunaan lahan. Pemantauan tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Pada penelitian ini menggunakan citra satelit resolusi menengah, yaitu Citra Satelit Landsat. Metode yang digunakan yaitu metode *supervised classification*.

Analisis dampak perubahan lahan di sepanjang jalan tol di Kabupaten Sidoarjo ini merupakan salah satu cara untuk mengetahui seberapa jauh dampak yang ditimbulkan oleh adanya

pembangunan jalan tol. Perubahan penggunaan lahan tahun 1994 dan 2002 terjadi secara tidak teratur, peningkatan terbesar terjadi pada lahan terbuka sebesar 2954,937 ha, dan penurunan terbesar yaitu sawah sebesar 3044,946 ha. Sedangkan perubahan penggunaan lahan tahun 2013 dan 2018, terjadi peningkatan tertinggi pada ladang yaitu sebesar 4168,496 ha dan penurunan terbesar terjadi pada sawah seluas 3749,767 ha.

Kata Kunci: *Citra Landsat, Penggunaan Lahan, dan Supervised Classification*

**ANALYSIS OF LAND USE CHANGES
DUE TO TOLL ROAD CONSTRUCTION
IN SIDOARJO DISTRICT
USING MULTITEMPORAL SATELLITE IMAGERY**

Name	: Devi Farichah
NRP	: 03311540000028
Department	: Geomatics Engineering FTSLK-ITS
Supervisor	: Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS

Abstract

The development of an area affect land use change, where the developments are in line with the increase of population. Land use is a form of human interventions towards land in order to meet the needs of the living. A wide variety of treatment of human beings against the land will make the changing use of land in accordance with human needs. The purpose of this research is to know the change of land use in Sidoarjo. Sidoarjo is a Regency that has a good enough accessibility because it supported by road network, one of which was a toll road Porong-Surabaya. A high level of accessibility encourages the development of an area. Uncontrolled changes can give rise to social, economic and environmental problems. Therefore, monitoring of land use change is required. Such monitoring can be done by making use of remote sensing technology. In this research satellite imagery with a medium resolution is used, i.e. the Landsat satellite imagery. Methods used i.e. supervised classification method.

Analysis of land use change impacts along the toll road in Sidoarjo district is one way to find out how far the impact caused by the construction of the toll road. Land use change in 1994 and 2002 occurred irregularly, the greatest increase occurred on the open land of 2954,937 ha, and the biggest decrease is rice fields of 3044,946 ha. While land use change in 2013 and 2018, the

highest increase in unirrigated agricultural field, namely of 4168,496 ha and is the biggest decrease occurred in the rice fields of 3044,946 ha.

Keywords: *Landsat Imagery, Land Use, and Supervised Classification*

**ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
AKIBAT PEMBANGUNAN JALAN TOL
DI KABUPATEN SIDOARJO
MENGUNAKAN CITRA SATELIT MULTITEMPORAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

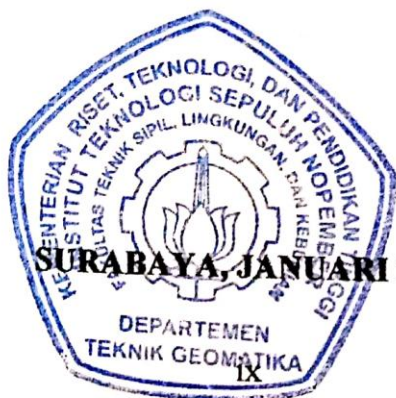
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DEVI FARICAH
NRP. 0331154000028

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS
NIP. 19530527 198303 1 001



SURABAYA, JANUARI 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Akibat Pembangunan Jalan Tol di Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Citra Satelit Multitemporal” dengan lancar dan tepat pada waktunya.

Tersusunnya laporan tugas akhir ini merupakan hasil kerja keras penulis serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun material. Atas bantuan dan dukungan tersebut penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Abdul Karim dan Ibu Roichah, serta kakak-kakak penulis, yaitu Zainul Fuadi dan Fatimatuz Zahroh yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan dan saran.
3. Ibu Cherie Bhekti Pribadi, S.T., M.T, selaku dosen konsultasi atas segala bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak Mochammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS dan selaku dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan kepada penulis selama belajar di Departemen Teknik Geomatika ITS.
5. Pemerintah Kabupaten Sidoarjo, khususnya yang telah yang berkenan memberikan data dan izin melakukan survei untuk menunjang penelitian ini.
6. Teman-teman G17 selaku teman seangkatan atas persahabatan yang diberikan kepada penulis selama belajar di Departemen Teknik Geomatika ITS.

7. Pihak-pihak yang telah membantu penulis, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan tugas akhir ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih, semoga hasil laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat, terutama bagi Mahasiswa Departemen Teknik Geomatika ITS.

Surabaya, 2 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TUNJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penginderaan Jauh	5
2.2 Sistem Informasi Geografis.....	8
2.2.1 Subsistem Sistem Informasi Geografis	10
2.2.2 Komponen Sistem Informasi Geografis.....	11
2.2.3 <i>Analysis Tools</i>	12
2.3 Informasi Geospasial	16
2.4 Citra Landsat	17
2.5 Koreksi Citra Digital	22
2.5.1 Koreksi Geometrik.....	22
2.5.2 Koreksi Radiometrik	27
2.6 Klasifikasi Citra.....	31
2.7 Uji Akurasi	34
2.8 Perubahan Penggunaan Lahan.....	36
2.9 Penelitian Sebelumnya	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1 Lokasi Penelitian	41
3.2 Data dan Peralatan.....	42
3.2.1 Data	42
3.2.2 Peralatan.....	43
3.3 Metodologi Penelitian	43

3.3.1	Tahapan Penelitian	43
3.3.2	Tahap Identifikasi Masalah	43
3.3.3	Tahap Studi Literatur	43
3.3.4	Tahap Pengumpulan Data	44
2.3.5	Tahap Pengolahan Data.....	44
2.3.6	Tahap Analisis.....	47
2.3.7	Tahap Penyusunan Laporan	48
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Data Citra Satelit	49
4.2	Koreksi Radiometrik.....	51
4.2.1	Kalibrasi Radiometrik	51
4.2.2	Koreksi Atmosfer	53
4.3	Pemotongan Citra	56
4.4	Perhitungan SoF (<i>Strength of Figure</i>)	57
4.5	Koreksi Geometrik	58
4.6	Klasifikasi Citra.....	60
4.7	Data Validasi	64
4.8	Uji Akurasi	65
4.9	Analisis	68
4.9.1	Penggunaan Lahan di Kabupaten Sidoarjo Akibat Pembangunan Jalan Tol.....	68
4.9.2	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan	71
4.9.3	Analisis Pengaruh Pembangunan Jalan Tol Terhadap Area Pemukiman	77
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		83
LAMPIRAN		87
BIODATA PENULIS.....		129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Penginderaan Jauh.....	6
Gambar 2.2	Prinsip Kerja Penginderaan Jauh.....	8
Gambar 2.3	Subsistem Sistem Informasi Geografis	11
Gambar 2.4	Komponen Sistem Informasi Geografis.....	12
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian Tahun 1994 dan 2002	41
Gambar 3.2	Lokasi Penelitian Tahun 2013 dan 2018	42
Gambar 3.3	Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	44
Gambar 3.4	Diagram Alir Pengolahan Data	45
Gambar 4.1	Citra Landsat 5 Tahun 1994	50
Gambar 4.2	Citra Landsat 7 Tahun 2002	50
Gambar 4.3	Citra Landsat 8 Tahun 2013	50
Gambar 4.4	Citra Landsat 8 Tahun 2018	50
Gambar 4.5	Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 1994	54
Gambar 4.6	Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 2002	54
Gambar 4.7	Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 2013	55
Gambar 4.8	Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 2018	55
Gambar 4.9	Hasil Pemotongan Citra Tahun 1994	56
Gambar 4.10	Hasil Pemotongan Citra Tahun 2002	56
Gambar 4.11	Hasil Pemotongan Citra Tahun 2013	56
Gambar 4.12	Hasil Pemotongan Citra Tahun 2018	56
Gambar 4.13	Desain Jaring.....	57
Gambar 4.14	Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 1994	61
Gambar 4.15	Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2002	62
Gambar 4.16	Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2013	63
Gambar 4.17	Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2018	63
Gambar 4.18	Titik Validasi.....	64
Gambar 4.19	Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 1994	65
Gambar 4.20	Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 2002	65
Gambar 4.21	Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 2013	66
Gambar 4.22	Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 2018	66
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002.....	72

Gambar 4.24	Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002	72
Gambar 4.25	Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018	75
Gambar 4.26	Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018	75
Gambar 4.27	Zona Tahun 1994 dan 2002.....	78
Gambar 4.28	Zona Tahun 2013 dan 2018.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Landsat 4-5 <i>Thematic Mapper</i> (TM) dan Landsat 7 <i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i> (ETM+)	19
Tabel 2.2	Karakteristik <i>Band</i> Landsat 8	21
Tabel 2.3	Matriks Kesalahan (<i>Confusion Matrix</i>)	34
Tabel 4.1	<i>File</i> Landsat 5, Landsat 7, dan Landsat 8	49
Tabel 4.2	Statistik Nilai <i>Digital Number</i> Citra Landsat	51
Tabel 4.3	Statistik Nilai Radian Citra Landsat	52
Tabel 4.4	Nilai Parameter Xa, Xb, dan Xc	53
Tabel 4.5	Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 1994	58
Tabel 4.6	Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 2002	59
Tabel 4.7	Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 2013	59
Tabel 4.8	Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 2018	60
Tabel 4.9	Hasil Uji Akurasi Menggunakan Data Hasil Validasi... ..	67
Tabel 4.10	Luas Penggunaan Lahan Tahun 1994	68
Tabel 4.11	Luas Penggunaan Lahan Tahun 2002	68
Tabel 4.12	Luas Penggunaan Lahan Tahun 2013	69
Tabel 4.13	Luas Penggunaan Lahan Tahun 2018	70
Tabel 4.14	Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002	71
Tabel 4.15	Luas Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002	73
Tabel 4.16	Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018	74
Tabel 4.17	Luas Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018	76
Tabel 4.18	Perubahan Penggunaan Lahan Pemukiman	79

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Metadata Citra Satelit Landsat 5 Tahun 1994	87
Lampiran 2	Metadata Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2002	94
Lampiran 3	Metadata Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2013	102
Lampiran 4	Metadata Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2018	109
Lampiran 5	Perhitungan SoF	116
Lampiran 6	Hasil Pengambilan Data di Lapangan	118
Lampiran 7	Sampel Data Lapangan.....	121
Lampiran 8	Peta Penggunaan Lahan Tahun 1994	123
Lampiran 9	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2002	124
Lampiran 10	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2013	125
Lampiran 11	Peta Penggunaan Lahan Tahun 2018	126
Lampiran 12	Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002	127
Lampiran 13	Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018	128

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan nasional yang penggunaanya diwajibkan membayar tol. Jalan tol diselenggarakan untuk memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang, meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa, guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi, meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan, dan meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan (Pemerintah Republik Indonesia 2004). Pembangunan jalan tol ini menyebabkan perubahan penggunaan lahan di wilayah tersebut. Perubahan penggunaan lahan tersebut cenderung mengubah lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian, sehingga mengakibatkan luas lahan pertanian di kota semakin berkurang dan luas lahan non-pertanian semakin bertambah (Sunnartono 1995). Perubahan penggunaan lahan akan terus berlangsung sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi, sehingga di masa mendatang diperkirakan perubahan penggunaan lahan kota akan terus terjadi dengan kecepatan tinggi (Djunaedi 1990). Menurut A. Suryantoro (2002) cepatnya perubahan penggunaan lahan dapat menimbulkan kesulitan dalam pengendalian tata ruang dan pada gilirannya mengakibatkan terjadinya ketidaksesuaian di dalam penggunaan lahan kota.

Kabupaten Sidoarjo dilewati oleh tol Surabaya-Gempol yang memiliki panjang jalan 43 kilometer, jalan tol ini beroperasi secara penuh sejak tahun 1986. Namun dengan bencana lumpur panas Lapindo Brantas Inc, jalan ini terpotong sekitar 6 kilometer yang menghubungkan Porong dan Gempol. Pemerintah memutuskan menutup ruas tersebut sebagai jalan tol, sehingga panjangnya berkurang menjadi 37

kilometer dan memutuskan untuk memindahkan ruas yang terendam lumpur, bergeser sekitar 3 kilometer ke arah barat. Ruas yang dipindah itu sepanjang 6 kilometer dan akan menjadi 10 kilometer. Ruas ini biasa disebut dengan ruas tol Surabaya-Porong. Ruas ini juga merupakan bagian dari jalan tol *Trans Jawa* yang akan menyambung ke Pasuruan, Probolinggo hingga ke Banyuwangi (Jasa Marga 2018). Hal tersebut tentu membuat penataan di sepanjang jalan tol tersebut mengalami perubahan.

Pembangunan jalan tol dan pemindahan ruas jalan tol akibat terendam lumpur, menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan di sepanjang jalan tol tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian mengenai perubahan penggunaan lahan di sekitar jalan tersebut. Analisis perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol ini merupakan salah satu langkah untuk mengetahui seberapa jauh dampak yang ditimbulkan oleh adanya pembangunan jalan tol. Analisis dilakukan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan citra satelit resolusi menengah, yaitu Citra Satelit Landsat secara multitemporal. Pada proses klasifikasi menggunakan algoritma *maximum likelihood*. Algoritma ini dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi (Danoedoro 1996). Hasil dari penelitian yang berupa peta dan analisis penelitian ini diharapkan dapat membantu untuk mengelola dan mengembangkan serta mengatasi permasalahan yang ada di wilayah sekitar jalan tol.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah bagaimana memperoleh informasi geospasial (peta) perubahan penggunaan lahan dan analisis perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol di Kabupaten Sidoarjo menggunakan metode penginderaan jauh dengan Citra Satelit Resolusi Menengah (Citra Satelit Landsat) secara multitemporal.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi penelitian di Kabupaten Sidoarjo, tepatnya di sepanjang jalan tol dengan jarak 5 km dari as jalan (ke kiri dan kanan) pada tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018.
- b. Data citra satelit yang digunakan yaitu Citra Satelit Landsat 5 tahun 1994 *level 1*, Citra Satelit Landsat 7 tahun 2002 *level 1*, dan Citra Satelit Landsat 8 tahun 2013 dan 2018 *level 1*.
- c. Metode yang digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan adalah metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan algoritma *maximum likelihood*.
- d. Analisis perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol di Kabupaten Sidoarjo dilakukan dengan membandingkan hasil pengolahan data Citra Satelit Landsat tahun 1994 dan 2002 serta Citra Satelit Landsat tahun 2013 dan 2018 secara grafis dan numerik (statistik).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini, yaitu:

- a. Melakukan klasifikasi penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol di Kabupaten Sidoarjo secara multitemporal (pada tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018).
- b. Membuat informasi geospasial (peta) perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol di Kabupaten Sidoarjo.
- c. Melakukan uji ketelitian hasil klasifikasi penggunaan lahan.
- d. Menganalisis perubahan penggunaan lahan di

Kabupaten Sidoarjo pada tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018 untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan akibat pembangunan jalan tol.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Memberikan informasi geospasial mengenai perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol di Kabupaten Sidoarjo pada tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018 berupa peta (informasi geospasial).
- b. Informasi geospasial yang diperoleh dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk mengelola dan mengembangkan serta mengatasi permasalahan transportasi yang ada di wilayah sekitar jalan tol.
- c. Bahan referensi penelitian selanjutnya khususnya bidang penginderaan jauh dan tata guna lahan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

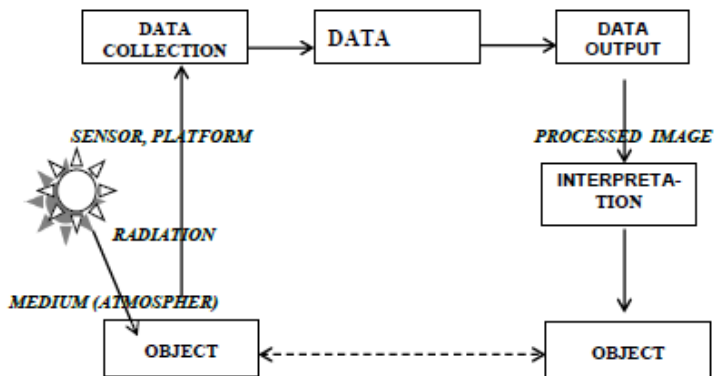
Penginderaan jauh didefinisikan sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer 1990). Kemajuan teknologi penginderaan jauh dalam hal resolusi temporal, resolusi spektral, dan resolusi spasial, menyebabkan citra satelit dapat digunakan sebagai informasi dasar pada survei dan pemetaan penggunaan lahan. Penginderaan jauh dapat diterapkan untuk menyediakan informasi mengenai liputan lahan melalui interpretasi dari kenampakan objek-objek pada citra.

Sutanto menyatakan bahwa berdasarkan jenis sensor yang dibawa, satelit penginderaan jauh digolongkan menjadi dua, yaitu (Sutanto 1994):

1. Satelit aktif, yaitu satelit yang membawa sensor aktif. Sensor yang ada pada satelit memancarkan gelombang mikro, gelombang mikro tersebut diterima sekaligus dipantulkan kembali oleh objek di permukaan bumi. Gelombang pantul ini yang kemudian diterima oleh sensor satelit. Contoh satelit aktif antara lain: JERS, ERS, Radarsat, dan lain-lain (Jhonnerie 2010).
2. Satelit pasif, yaitu satelit yang membawa sensor pasif. Satelit ini hanya menangkap gelombang yang dipancarkan oleh suatu objek dari permukaan bumi. Contoh satelit pasif antara lain: Landsat, NOAA, Ikonos, SPOT, dan lain-lain.

Sistem penginderaan jauh dilengkapi dengan sensor dan kamera yang merekam objek di alam. Rekaman data oleh sensor dari objek di bumi berupa data numeris (digit)

yang dinyatakan sebagai besarnya nilai pantul gelombang elektromagnetik (intensitas spektral), yang dipantulkan oleh objek dalam suatu ukuran tertentu (resolusi spasial). Nilai pantul tersebut besarnya secara visual dinyatakan dalam derajat keabuan (*grey scale*), pada rekaman satelit berupa angka numeris (digit) antara 0 – 255. Nilai 0 setara dengan derajat keabuan paling rendah (hitam) dan 255 derajat keabuan paling tinggi (putih). Selain dari nilai intensitas spektral, pengenalan suatu objek juga ditentukan dari besarnya resolusi spasial. Resolusi spasial (30 x 30) meter pada *Landsat Thematic Mapper* (TM), ini berarti bahwa objek dimuka bumi yang berukuran (30 x 30) meter direkam sebagai satu titik data (*pixel = picture element*). Batas kemampuan sebuah sensor dinamakan resolusi (Sukojo 2012).



Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh (Sukojo 2012)

Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam suatu objek (Purwandhi 2011). Resolusi atau *resolving power* adalah kemampuan suatu sistem optik elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral. Ada beberapa jenis resolusi yang umum

diketahui dalam penginderaan jauh yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi temporal, dan resolusi radiometrik. Adapun penjelasan dari resolusi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Resolusi spasial

Ukuran objek terkecil yang mampu direkam, dibedakan dan disajikan pada citra. Resolusi spasial menunjukkan level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail sebuah studi semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan.

2. Resolusi spektral

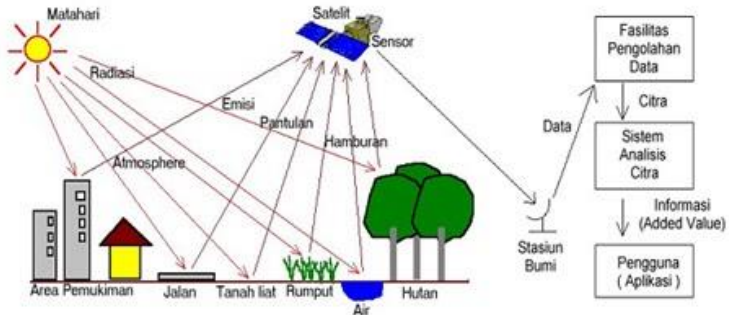
Daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk merekam data. Resolusi spektral menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing *band* spektral yang diukur oleh sensor. Semakin banyak jumlah saluran atau kanal-kanalnya semakin tinggi kemampuannya dalam mengenali objek.

3. Resolusi temporal

Menunjukkan waktu antar pengukuran, atau dalam kata lain kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan resolusi temporal adalah jam atau hari.

4. Resolusi radiometrik

Kemampuan sensor dalam mencatat respon spektral objek atau kemampuan sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Penginderaan Jauh
(Kusumowidagdo, M. dkk 2007)

2.2 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis untuk selanjutnya disingkat SIG dalam arti luas adalah sistem manual dan atau komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, dan mempunyai informasi yang mempunyai rujukan spasial atau geografis. Projo Danoedoro (1996) menekankan pemanfaatan SIG secara terpadu dalam sistem pengolahan citra digital, untuk memperbaiki hasil klasifikasi, dan dengan demikian operasionalisasi penginderaan jauh satelit dapat direalisasi.

Menurut Sukojo (2015), Sistem Informasi Geografis merupakan sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan atau *ber-georeference*). Atau dalam arti yang lebih sempit, adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi bereferensi geografis, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah *database*. Para praktisi juga memasukkan orang yang membangun dan mengoperasikannya dan data sebagai bagian dari sistem ini.

Teknologi Sistem Informasi Geografis dapat digunakan untuk investigasi ilmiah, pengelolaan sumber daya, perencanaan pembangunan, kartografi dan

perencanaan rute. Misalnya, SIG bisa membantu perencana untuk secara cepat menghitung waktu tanggap darurat saat terjadi bencana alam, atau SIG dapat digunakan untuk mencari lahan basah (*wetlands*) yang membutuhkan perlindungan dari polusi.

Sebuah Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan komputer dan perangkat lunak untuk memanfaatkan prinsip dasar geografi, lokasi yang penting dalam kehidupan manusia. Sistem Informasi Geografis membantu bisnis ritel menemukan tempat terbaik untuk toko berikutnya dan membantu lembaga melacak degradasi lingkungan. Sistem ini membantu truk rute pengiriman dan mengelola paving jalan. Juga membantu marketer menemukan prospek baru, dan membantu petani meningkatkan produksi dan mengelola tanah mereka lebih efisien.

Sistem Informasi Geografis mengambil nomor dan kata-kata dari baris dan kolom dalam *database* dan *spreadsheet*, dan menempatkan mereka pada peta, menempatkan data kita pada peta di mana terdapat banyak pelanggan jika kita memiliki toko, atau beberapa kebocoran dalam sistem air jika kita menjalankan sebuah perusahaan air. Hal ini memungkinkan kita untuk melihat, memahami, mempertanyakan, menafsirkan, dan memvisualisasikan data kita dengan cara sederhana dalam baris dan kolom *spreadsheet*.

Sistem Informasi Geografis (SIG) sekarang menggabungkan peta (dalam bentuk digital) dengan semua data dari semua lembaga yang relevan. Sebagai contoh, daripada harus memiliki peta kadaster di sini dan buku tanah di sana peta parcel dan data kepemilikan digabungkan dalam satu sistem. Atau, daripada menggunakan rencana penggunaan lahan pada selembara kertas besar dan mencari secara terpisah untuk data demografis untuk mencari lokasi terbaik untuk sebuah sekolah baru, penyelidikan dapat

dikirim ke komputer yang secara langsung menghasilkan peta yang menunjukkan lokasi yang sempurna.

2.2.1 Subsistem Sistem Informasi Geografis

SIG dapat diuraikan menjadi subsistem berikut (Prahasta 2001):

1. Data *Input*

Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format data aslinya ke dalam format yang dapat digunakan oleh SIG.

2. Data *Output*

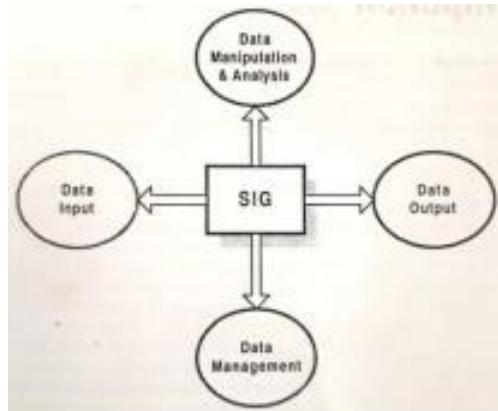
Subsistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basisdata baik dalam bentuk *softcopy* maupun bentuk *hardcopy*, seperti: tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

3. Data *Management*

Subsistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun atribut ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, diperbarui, dan disunting.

4. Data *Manipulation dan Analysis*

Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu, subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.



Gambar 2.3 Subsistem Sistem Informasi Geografis (Prahasta 2001)

2.2.2 Komponen Sistem Informasi Geografis

SIG merupakan sistem kompleks yang biasanya terintegrasi dengan lingkungan sistem-sistem komputer yang lain di tingkat fungsional dan jaringan. Sistem SIG terdiri dari beberapa komponen berikut (Prahasta 2001).

1. Perangkat Keras

Pada saat ini SIG tersedia untuk berbagai *platform* perangkat keras mulai dari PC *Desktop*, *workstations*, hingga *multiuser host* yang dapat digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam jaringan komputer yang luas, berkemampuan tinggi, memiliki ruang penyimpanan (*hardisk*) yang besar, dan mempunyai kapasitas memori (RAM) yang besar.

2. Perangkat Lunak

SIG juga merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara

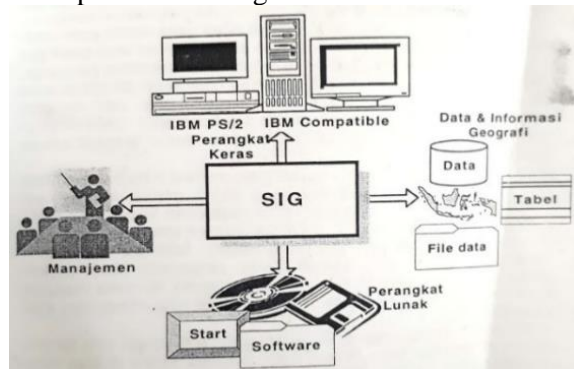
modular dimana basis data memegang peranan kunci.

3. Data dan Informasi Geografi

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan, baik secara tidak langsung dengan cara memasukkannya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dan laporan dengan menggunakan *keyboard*.

4. Manajemen

Suatu proyek SIG akan berhasil jika dikelola dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.



Gambar 2.4 Komponen Sistem Informasi Geografis (Prahasta 2001)

2.2.3 Analysis Tools

Sistem Informasi Geografis mampu melakukan analisis spasial sekaligus dengan analisis *database* menggunakan *ArcToolBox*. *Analysis tool*

diperoleh pada *section analysis tool* yang terdiri dari beberapa bagian utama (Nurhakim 2017) yaitu:

a. *Extract*

- *Clip* adalah perintah untuk membuat data baru dari dua *layer* yang berbeda. Operasi *clip* ini digunakan untuk memotong sebuah *theme* yang bertipe titik, garis atau poligon dengan mengambil bagian dalam dan membuang bagian luarnya dengan bantuan sebuah *theme* poligon lain. *Theme* yang memotong harus bertipe poligon.
- *Select* adalah fungsi *Query Database* (SQL), merupakan proses pemilihan suatu *feature* dengan menggunakan SQL berupa *expression* yang ditentukan.
- *Split* digunakan untuk memecah *input feature (layer)* ke dalam beberapa kelas *output* (beberapa *layer*) dengan menggunakan poligon. Beberapa hal yang perlu untuk diperhatikan, yaitu data yang menjadi *clip feature*-nya (*split*) harus mempunyai kolom pada tabel atribut atau sifat yang memiliki *type record* dalam bentuk karakter dan *output* tersimpan di dalam *folder* serta hasilnya adalah terpisah untuk tiap *feature split*.
- *Table Select* adalah seperti fungsi *select* perbedaan pada hasilnya yang berupa tabel, dengan cara memasukkan input berupa tabel yang

telah dibuat lalu akan diekstraksi menjadi *output* berupa tabel. Proses pemilihan tabel dalam sebuah *layer* dengan menggunakan ekspresi dalam SQL.

b. *Overlay*

- *Erase* adalah membuat sebuah tema baru dari *overlay* dua buah tema yang salah satu dari *theme* tersebut adalah poligon. Tema poligon berfungsi sebagai penghapus yang akan membuang bagian dari tema yang terletak di dalam poligon tersebut. Hasil dari proses ini adalah tema yang terletak di luar poligon *overlay*.
- *Identity* adalah menggabungkan satu *layer* utama dengan *layer* lain dengan melakukan *overlay* dan akan menghasilkan *layer* utama dengan tambahan *input* dari *layer* yang digabungkan. Fitur *input (layer)* atau bagiannya ada yang tumpang tindih, bagian ini yang mengidentifikasi atribut atau sifat dari fitur identitas.
- *Intersect* adalah menggabungkan *layer* dan sekaligus atribut atau sifat yang ada di dalamnya.
- *Spatial Join* adalah proses menggabungkan data tabular dengan fungsi *join*. Proses ini menggabungkan data tabular target *feature* atau *layer* yang akan ditambahkan datanya dengan *join feature* yang merupakan *feature* atau

table yang akan menjadi tambahan. Proses ini akan menghasilkan data tabular baru yang merupakan hasil gabungan 2 tabel tersebut dengan menggunakan pilihan proses penggabungan berdasarkan lokasi relatif dari fitur dalam dua *layer* tersebut.

- *Symmetrical Difference* adalah menghitung geometrik persimpangan dari fitur masukan dan fitur terbaru. Fitur atau bagian dari fitur pada fitur *input* dan fitur terbaru yang tidak tumpang tindih akan ditulis ke *output feature class*.
- *Union* adalah proses analisis untuk menggabungkan dua *feature* dan keseluruhan *layer* dan data tabularnya akan disatukan.
- *Update* dilakukan untuk menghasilkan poligon baru dengan bentuk dan atribut atau sifat dari dua buah poligon.

c. *Proximity*

- *Buffer* adalah menciptakan poligon penyangga pada jarak tertentu di sekitar fitur *input*. *Buffer* dapat digunakan untuk *feature* titik, garis maupun poligon.
- *Create Thiessen Polygons* adalah mengkonversikan titik yang dimasukkan menjadi *output* kelas *Thiessen Proximal Polygons*.
- *Generate Near Table* adalah menghitung jarak terdekat dari

- sebuah fitur *input* ke fitur terdekat. Hasilnya berupa sebuah tabel.
- *Multiple Ring Buffer*, menciptakan kelas fitur baru dari fitur penyangga menggunakan satu *set* jarak penyangganya. Hasilnya akan muncul beberapa poligon penyangga.
 - *Near*, menghitung jarak terdekat dari sebuah fitur input ke fitur terdekat.
 - *Point Distance*, menghitung jarak antara titik dengan semua titik yang ada disekitarnya.

2.3 Informasi Geospasial

Informasi Geospasial yang selanjutnya disingkat IG adalah data geospasial yang sudah diolah sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan/atau pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan ruang kebumihantaran (Badan Informasi Geospasial 2011). Informasi Geospasial terdiri atas:

- a. Informasi Geospasial Dasar, meliputi:
 - i. Jaring kontrol geodesi, yaitu:
 - Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) digunakan sebagai kerangka acuan posisi horizontal untuk IG. Koordinat JKHN ditentukan dengan metode pengukuran geodetik tertentu, dinyatakan dalam sistem referensi koordinat tertentu, dan diwujudkan dalam bentuk tanda fisik. JKHN diklasifikasikan berdasarkan tingkat ketelitian koordinat horizontal.
 - Jaring Kontrol Vertikal Nasional

(JKVN) adalah sebaran titik kontrol geodesi vertikal yang terhubung satu sama lain dalam satu kerangka referensi.

- Jaring Kontrol Gayaberat Nasional (JKGN) adalah sebaran titik kontrol geodesi gayaberat yang terhubung satu sama lain dalam satu kerangka referensi.

ii. Peta dasar, berupa:

- Peta Rupabumi Indonesia adalah peta dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk wilayah darat.
- Peta Lingkungan Pantai Indonesia adalah peta dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk wilayah pesisir.
- Peta Lingkungan Laut adalah peta dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk wilayah laut.

b. Informasi Geospasial Tematik

Pembuatan informasi geospasial tematik menngacu pada informasi geospasial dasar. Oleh karena itu, salah satu ciri penting IGD adalah unsur-unsurnya tidak berubah dalam waktu yang lama sesuai dengan karakteristik dari unsur-unsur tersebut.

2.4 Citra Landsat

Landsat merupakan satelit tertua di bumi yang diluncurkan oleh Amerika Serikat. Adanya citra satelit Landsat dimulai pada tahun 1972 dengan meluncurkan satelit generasi pertama yaitu Landsat 1 diluncurkan 23 Juli 1972, Landsat 2 diluncurkan pada tanggal 22 Januari 1975, dan Landsat 3 pada tanggal 5 Maret 1978 tetapi landsat tersebut

berakhir pada tanggal 22 Januari 1981. Satelit-satelit tersebut dilengkapi sensor MSS multispektral dan merupakan satelit eksperimen. Kemudian seiring berjalannya waktu, pada tahun 1982 diluncurkan kembali satelit bumi generasi kedua yaitu Landsat 4 dan Landsat 5. Landsat tersebut merupakan landsat semioperasional atau dimaksudkan untuk tujuan penelitian dan pengembangan.

Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982 dan dihentikan pada tahun 1993, sedangkan Landsat 5 diluncurkan pada 1 Maret 1984 dengan dilengkapi sensor TM (*Thematic Mapper*) dan memiliki resolusi spasial 30x30m pada *band* 1,2,3,4,5,6, dan 7. Sensor yang dimiliki Landsat 5 ini dapat mengamati obyek-obyek di permukaan bumi dan meliputi daerah yang sama setiap 16 hari dengan ketinggian orbit 705 km. Namun sejak November 2011 Landsat 5 mengalami gangguan, akibatnya pada tahun 2016 USGS mengumumkan akan menonaktifkan Landsat tersebut. Kemudian diluncurkan kembali untuk generasi citra satelit selanjutnya yaitu Landsat 6 pada tanggal 5 Oktober 1993 tetapi gagal mencapai orbit (Parangtritis Geomaritime Science Park 2016).

Setelah diluncurkannya ke lima satelit tersebut, kini mengikuti perubahan zaman maka diluncurkan satelit generasi berikutnya yaitu citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 guna menyempurnakan satelit generasi sebelumnya. Citra satelit Landsat 7 merupakan citra satelit bumi yang memiliki ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) dan *scanner* yang dapat membantu untuk pemotretan foto udara. Landsat 7 ini diluncurkan pada bulan April 1999. Kegunaan citra satelit Landsat 7 ini digunakan untuk pemetaan penutupan lahan, pemetaan geologi, serta pemetaan suhu permukaan laut. Berikut merupakan spesifikasi dan karakteristik beberapa kanal (*band*) yang dimiliki oleh Landsat 7 pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Landsat 4-5 *Thematic Mapper* (TM) dan Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) (USGS 2018)

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Spektral	Resolusi	Kegunaan
1	0,45-0,52	<i>Blue</i>	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dari vegetasi gugur dan vegetasi konifer
2	0,52-0,60	<i>Green</i>	30	Menekankan vegetasi puncak, yang berguna untuk menilai kekuatan tanaman
3	0,63-0,69	<i>Red</i>	30	Mendiskriminasi lereng vegetasi
4	0,77-0,90	<i>Near Infrared</i>	30	Menekankan konten biomassa dan garis pantai
5	1,55-1,75	<i>Short-Wave Infrared</i>	30	Mendiskriminasi kadar air tanah dan vegetasi; menembus

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Spektral	Resolusi	Kegunaan
				awan tipis
6	10,40-12,50	<i>Thermal Infrared</i>	120 (TM) 60 (TM+)	Pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah
7	2,09-2,35	<i>Short-Wave Infrared</i>	30	Batuan ubahan hidrotermal berhubungan dengan endapan mineral
8	0,52-0,90	Pankro matik (Landsat 7 saja)	15	Resolusi 15 meter, definisi gambar yang lebih tajam

Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (*band* 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (*band* 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7. Karakteristik *band-band* yang terdapat pada citra landsat 8, seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik *Band* Landsat 8 (USGS 2018)

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Spektral	Resolusi	Kegunaan
1	0,43 - 0,45	<i>Coastal/aerosol</i>	30 m	Studi pesisir dan aerosol
2	0,45 - 0,51	<i>Blue</i>	30 m	Pemetaan batimetri, membedakan tanah
3	0,53 - 0,59	<i>Green</i>	30 m	Menekankan vegetasi puncak, yang berguna untuk menilai kekuatan tanaman
4	0,64 - 0,67	<i>Red</i>	30 m	Mendiskriminasi kan lereng vegetasi
5	0,85 - 0,88	<i>Near-infrared</i>	30 m	Menekankan konten biomassa dan garis pantai
6	1,57 - 1,65	SWIR 1	30 m	Mendiskriminasi kan kadar air tanah dan vegetasi, menembus awan tipis
7	2,11 - 2,29	SWIR 2	30 m	Peningkatan kadar air tanah dan vegetasi, penetrasi awan tipis
8	0,50 - 0,68	Pankromatik	15 m	Resolusi 15 meter, definisi

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Spektral	Resolusi	Kegunaan
				gambar yang lebih tajam
9	1,36 - 1,38	<i>Cirrus</i>	30 m	Peningkatan deteksi kontaminasi awan <i>cirrus</i>
10	10,6 - 11,19	LWIR 1	100 m	Resolusi 100 meter, pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah
11	11,5 - 12,51	LWIR 2	100 m	Resolusi 100 meter, Peningkatan pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah

2.5 Koreksi Citra Digital

Koreksi citra merupakan suatu operasi pengondisian supaya citra yang akan digunakan benar-benar memberikan informasi yang akurat secara geometris dan radiometris.

2.5.1 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk mengasosiasikan piksel pada citra satelit dengan lokasi sebenarnya di permukaan bumi. Pada prinsipnya cara mudah koreksi geometrik dengan melihat objek di citra satelit yang mudah dikenali, seperti jalan, pelabuhan, dan lapangan.

Kesalahan geometrik menunjukkan seberapa

jauh titik koordinat tersebut bergeser dari koordinat yang sebenarnya. Untuk mengatasi kesalahan-kesalahan geometri citra, berbagai macam koreksi dilakukan. Koreksi dikelompokkan ke dalam dua kategori besar, yaitu (Mather 2004):

i. Model Geometri Orbital

Merupakan metode koreksi yang mengacu ke model geometri orbital oleh pengetahuan mengenai karakteristik orbit wahana satelit. Hal ini memerlukan informasi tentang koordinat geografis dari beberapa titik di citra yang disebut titik kontrol lapangan (*GCP-Ground Control Point*). Faktor-faktor yang dikoreksi melalui model geometri orbital ini adalah:

- Koreksi *Aspect Ratio*
Koreksi ini digunakan jika arah pemindaian melintang garis orbit yang disebabkan oleh *over sampling* yang terjadi akibat perbedaan kecepatan antara pemindaian dengan *coding* dan penyimpanan data pantulan detektor.
- Koreksi Kemencengan
Koreksi ini dipakai jika terjadi kemencengan citra terhadap sumbu utara-selatan bumi karena ada perbedaan inklinasi antara keduanya. Misalnya, ini terjadi pada citra Landsat TM dan ETM+.3).
- Koreksi Rotasi Bumi
Pada saat yang bersamaan dengan berputarnya satelit, bumi berputar dari barat ke timur dengan kecepatan perpindahan permukaan sebanding

dengan posisi lintang tepat di posisi nadir satelit sehingga untuk mengompensasi pergeseran posisi, diperlukan penentuan parameter waktu yang diperlukan oleh sensor satelit untuk merekam citra dan kecepatan sudut rotasi bumi.

ii. Transformasi berdasarkan *Ground Control Point* (GCP)

Dalam perkembangan dewasa ini, penentuan titik di lapangan yang dapat diidentifikasi pada citra juga dapat dilakukan dengan pembacaan GPS. Dengan GCP, analisis citra harus dapat memperoleh dua himpunan data titik lokasi: koordinat piksel citra (i,j) dan koordinat peta (x,y) . Berdasarkan pasangan titik-titik ini koefisien transformasi koordinat dapat diperoleh sehingga citra yang akan dikoreksi dapat diubah proyeksinya mengikuti sistem proyeksi atau koordinat rujukan. Koreksi berdasarkan GCP meliputi:

- Koreksi geometri dengan rektifikasi citra ke peta
Peta dianggap memiliki sistem proyeksi dan koordinat yang lebih benar sehingga dapat digunakan untuk menyamakan posisi titik di citra terhadap peta.
- Koreksi geometri dengan rektifikasi citra ke citra
Suatu proses membandingkan pasangan titik-titik yang dapat diidentifikasi dengan mudah pada kedua citra.

Parameter tingkat keakurasian dari proses rektifikasi ini adalah nilai yang dipresentasikan oleh selisih antara koordinat titik kontrol hasil transformasi dengan koordinat titik kontrol atau dikenal dengan RMS (*Root Mean Square*) *error*. Nilai RMS *error* yang rendah akan menghasilkan hasil rektifikasi yang akurat. Sebagai contoh, hasil transformasi boleh jadi masih berisi kesalahan yang signifikan karena rendah atau sedikitnya titik kontrol yang dimasukkan (Nirwansyah 2017). Adapun tahapan koreksi geometrik, yaitu:

- i. Penentuan sistem koordinat, proyeksi, dan datum
Sistem koordinat yang dipilih untuk koreksi ini adalah *Universal Tranverse Mercator* (UTM) dengan proyeksi yang digunakan adalah UTM dengan zona sesuai dengan pembagian area pada sistem UTM. Sedangkan datum yang digunakan adalah *World Geografic System 84* (WGS 84). Dengan adanya tahapan ini bertujuan untuk mendefinisikan informasi yang akan digunakan dalam proses koreksi selanjutnya.
- ii. Pemilihan titik-titik kontrol lapangan (*Ground Control Point*)
Pemilihan titik-titik kontrol lapangan dilakukan dengan mengidentifikasi objek-objek yang tersebar merata pada seluruh citra, relatif permanen, dan tidak berubah dalam kurun waktu yang lama. Objek-objek yang dijadikan titik-titik kontrol lapangan tersebut adalah perpotongan jalan, jembatan, sudut bangunan, sungai, dan yang lainnya.
- iii. Perhitungan *Root Mean Squared Error* (RMSE) setelah GCP terpilih.

Nilai *RMS error* diperoleh dari hasil koreksi geometrik dari penentuan titik GCP. Batas toleransi kesalahan nilai *RMS error* adalah kurang dari atau sama dengan satu piksel ($\text{RMS} \leq 1$ piksel). Jika nilai *RMS* yang didapatkan lebih dari satu ($\text{RMS} > 1$ piksel) maka dilakukan perhitungan ulang hingga mendapatkan nilai *RMS error* < 1 piksel (Purwandhi 2011). Selanjutnya dihitung akar dari kesalahan rata-rata kuadrat. RMSE dinyatakan dengan rumus berikut (Hamza dan Eltohamy 2009):

$$\text{RMS (di x)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^2} \quad (2.1)$$

$$\text{RMS (di y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta Y_i)^2} \quad (2.2)$$

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2)} \quad (2.3)$$

Di mana:

ΔX_i dan ΔY_i = residual titik (i) di sumbu X dan Y

n = jumlah GCP

i = nomor GCP

Selanjutnya dilakukan perhitungan SoF (*Strength of Figure*) atau kekuatan jaring. SoF merupakan kekuatan geometrik (bentuk) rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaring. Apabila nilai SoF kecil maka mencerminkan kekuatan jaring yang kecil pula, dan sebaliknya. Adapun formula dari SoF (Abidin 2002) yakni:

$$\text{SoF} = \frac{\text{Trace}(A^t A)^{-1}}{U} \quad (2.4)$$

Keterangan:

A	=	matriks desain
N_ukuran	=	jumlah baseline \times 3 komponen per baseline
N_parameter	=	jumlah titik \times 3 komponen koordinat per titik
U	=	N_ukuran – N_parameter

2.5.2 Koreksi Radiometrik

Data citra satelit yang dimiliki perlu mengalami pengolahan dasar. Pengolahan dasar tersebut meliputi proses koreksi geometrik citra dan koreksi radiometrik citra. Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengkoreksi *noise* pada citra dengan mengubah *digita number* (DN) pada citra menjadi nilai pantulan. Salah satu bentuk koreksi radiometrik adalah menghilangkan *noise* yang diakibatkan oleh nilai pada atmosfer (Beisl 2008).

Koreksi radiometrik terdiri dari tahap kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Koreksi radiometrik diperlukan atas dasar dua alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan pantulan citra atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Kalibrasi radiometrik citra yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena *drop-out* baris maupun masalah kesalahan awal pemindaian (*scanning start*). Baris atau bagian baris yang bernilai tidak sesuai dengan yang seharusnya dikoreksi dengan mengambil nilai piksel satu baris di atas dan di bawahnya, kemudian dirata-ratakan (Jensen 2005).

Tahapan kalibrasi radiometrik dilakukan dengan konversi nilai piksel dari *digital number*

(DN) menjadi nilai radian atau reflektan. Pada Landsat 8, untuk menghasilkan data dalam format reflektan TOA ($\rho\lambda$) digunakan Persamaan 2.5 (Sari, V. D., Taufik, M., dan Jaelani, L. M. 2015):

$$\rho\lambda = \frac{(M\rho Q_{cal} + A\rho)}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2.5)$$

Di mana:

$\rho\lambda$ = reflektan TOA terkoreksi sudut matahari

$M\rho$ = *REFLECTANCE_MULT_BAND_x*

$A\rho$ = *REFLECTANCE_ADD_BAND_x*

Q_{cal} = *Digital Number (DN)*

θ_{SE} = *SUN_ELEVATION*

Sedangkan untuk merubah dari DN ke radian (L_λ), digunakan Persamaan 2.6:

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2.6)$$

Di mana:

L_λ = *TOA radian ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)*

M_L = *band – spesifik multiplicative rescaling factor*

A_L = *band – spesifik additive rescaling factor*

Q_{cal} = *digital number band*

Koreksi atmosfer bertujuan untuk menghilangkan kesalahan akibat pengaruh atmosfer. Terdapat beberapa metode koreksi atmosfer yang dapat digunakan, salah satunya metode 6SV (*Second Simulation of the Sensor Signal in the Sensor Spectrum-Vector*). Metode 6SV menghasilkan parameter koreksi x_a , x_b , dan x_c yang diperoleh dari *website: www.6sv.ltdri.org*. Reflektan terkoreksi atmosfer diturunkan dari radian sensor dengan formula sebagai berikut (Sari, V. D., Taufik, M., dan

Jaelani, L. M. 2015):

$$y_{\lambda} = xa_{\lambda} \cdot (L_{\lambda}) - xb_{\lambda} \quad (2.7)$$

$$acr_{\lambda} = \frac{y_{\lambda}}{(1+xc_{\lambda} \cdot y_{\lambda})} \quad (2.8)$$

Di mana:

acr_{λ} = reflektansi terkoreksi atmosfer

L_{λ} = nilai radian TOA

$xa_{\lambda}, xb_{\lambda}, xc_{\lambda}$ = parameter koreksi 6SV

Pada Landsat 7, kalibrasi radiometri dilakukan dengan cara mengkonversi nilai *digital number* (DN) ke radian untuk setiap kanal multispektral dari citra Landsat 7 menggunakan formula sebagai berikut (Chander, G., Markham, B.L., dan Helder, D. L. 2009):

$$L_{\lambda} = Grescale \times Q_{cal} + Brescale \quad (2.9)$$

$$Grescale = \frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{(Q_{cam\ max} - Q_{cal\ min})} \quad (2.10)$$

$$Grescale = LMIN_{\lambda} - \left(\frac{(LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda})}{(Q_{cam\ max} - Q_{cal\ min})} \right) Q_{cal\ min} \quad (2.11)$$

Di mana:

L_{λ} = nilai radian pada sensor untuk setiap λ [W/(m² sr μ m)]

$Grescale$ = *rescaling gain factor* untuk tiap *band*

$Brescale$ = *rescaling bias factor* untuk tiap *band*

Q_{cal} = nilai *digital* (DN)

$Q_{cal\ min}$ = nilai *digital* minimum

$Q_{cal\ max}$ = nilai *digital* maksimum

$LMIN_{\lambda}$ = nilai radian minimum pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]

$LMAX_{\lambda}$ = nilai radian maksimum pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]

Setelah kalibrasi radiometri pada Landsat 7, dilakukan konversi citra radian menjadi reflektan *Top of Atmosphere* (TOA). Tujuan utamanya adalah memperbaiki perbedaan nilai pantulan akibat perbedaan jarak bumi–matahari pada setiap tanggal perekaman. Perbedaan ini dapat menjadi signifikan karena perbedaan kondisi geografis dan waktu perekaman citra. Reflektan TOA belum memperhitungkan pengaruh kondisi atmosfer pada citra. Reflektan TOA digunakan sebagai *input* untuk koreksi atmosfer. Perhitungan nilai reflektansi TOA dilakukan menggunakan Persamaan 2.12 (Sari, V. D., Taufik, M., dan Jaelani, L. M. 2015):

$$\rho TOA_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \cos \theta_s} \quad (2.12)$$

Di mana:

ρTOA_{λ} = reflektan TOA untuk setiap λ

π = 3,14159

L_{λ} = nilai radian pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]

d = jarak bumi–matahari
(*astronomical units*)

$ESUN_{\lambda}$ = *mean exoatmospheric solar irradiance* [W/(m² μ m)]

θ_s = sudut zenith matahari (derajat)

= (90° – sudut elevasi matahari)

2.6 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menghilangkan informasi rinci dari data *input* untuk menampilkan pola-pola penting atau distribusi spasial untuk mempermudah interpretasi dan analisis citra sehingga dari citra tersebut diperoleh informasi yang bermanfaat. Klasifikasi citra pada dasarnya bertujuan untuk melakukan pengelompokan data dari nilai-nilai piksel yang bervariasi sehingga dapat dijelaskan ke dalam beberapa kelas yang memiliki karakteristik nilai spektral yang serupa.

Klasifikasi citra secara digital dapat dilakukan dengan dua cara antara lain (Purwandhi 2011):

a. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terbimbing ialah suatu metode untuk interpretasi citra. Pada metode *supervised*, analisis terlebih dulu menetapkan beberapa *training area* (daerah sampel) pada citra sebagai kelas lahan tertentu. Penetapan ini berdasarkan pengetahuan analisis terhadap wilayah dalam citra mengenai daerah-daerah tutupan lahan. Nilai-nilai piksel dalam daerah contoh kemudian digunakan oleh komputer sebagai kunci untuk mengenali piksel lain. Daerah yang memiliki nilai-nilai piksel sejenis akan dimasukkan ke dalam kelas lahan yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam metode ini, untuk mengidentifikasi dan mengetahui lokasi dari setiap tipe penutupan lahan bisa dari interpretasi yang didukung pengecekan lapangan, analisa foto udara atau citra resolusi spasial yang. Untuk mengidentifikasi secara spesifik dari lokasi yang telah diketahui tipe penutupan lahannya dan akan ditetapkan sebagai *training area*. Parameter analisa statistik multivarian seperti rata-rata standar deviasi, dan matriks korelasi dihitung untuk setiap *training area*.

Adapun algoritma klasifikasi terbimbing adalah sebagai berikut:

- Jarak minimum terhadap rerata (*Minimum distance to mean algorithm*)

Suatu piksel yang tidak dikenal identitasnya dapat dikelaskan dengan cara menghitung jarak antara nilai piksel yang dikenal dan masing-masing nilai spektral rerata bagi kategori. Kemudian piksel yang tidak dikenal dikelompokkan ke kelas terdekat (Lillesand dan Kiefer 1990). Kelemahan metode ini yaitu tidak mempertimbangkan variabilitas kelas (Danoedoro 1996).

- *Parallelipiped* (*Box Classification Algorithm*)

Suatu piksel tidak dikenal dikelaskan menurut wilayah ketetapan (*decision region*) di mana piksel tersebut berada, atau sebagai piksel 'tidak dikenal' bila terletak di luar seluruh wilayah ketetapan. Metode ini sangat cepat dan efisien (Danoedoro 1996).

- Algoritma Kemiripan Maksimum (*Maximum likelihood algorithm*)

Algoritma ini menyatakan bahwa objek homogen selalu menampilkan histogram yang terdistribusi normal (*Bayesian*). Pada algoritma ini piksel dikelaskan sebagai objek tertentu tidak karena jarak euklidiannya, melainkan oleh bentuk, ukuran, dan orientasi sampel pada *feature space*. Untuk memutuskan klasifikasi, dibutuhkan informasi statik berupa rerata dan simpangan baku tiap sampel (otomatis saat pengambilan sampel), serta variansi (ragam) dan kovariansi. Pengambilan keputusan

berdasarkan pada Persamaan 2.13
(Danoedoro 1996).

$$D = \ln(a_c) - [0,5 \ln(|Cov_c|) - [0,5(X - M_c)^t (Cov_c^{-1})(X - M_c)]] \quad (2.13)$$

Di mana:

- D = jarak yang diberi bobot
- c = suatu kelas tertentu
- X = vektor piksel yang diklasifikasi
- M_c = vektor rerata sampel kelas c
- a_e = presentase probabilitas sembarang piksel untuk dapat menjadi anggota kelas c, di mana nilai *default* (yang ditawarkan komputer) adalah 1,0, berasal dari pengetahuan atau informasi a priori
- Cov_c = matriks kovarian piksel-piksel pada sampel kelas c
- $|Cov_c|$ = determinan Cov_c (aljabar matriks)
- Cov_c^{-1} = invers Cov_c (aljabar matriks)
- \ln = fungsi algoritma natural
- T = fungsi transposisi (aljabar matriks)

b. Klasifikasi Tak Terbimbing (*Unsupervised*)

Klasifikasi tak terbimbing merupakan suatu metode untuk interpretasi citra. Pada klasifikasi ini membentuk suatu *cluster* atau *natural grouping*. *Cluster* mengklasifikasikan piksel berdasarkan jarak spektral antar piksel. Apabila jarak tersebut kurang dari suatu konstanta yang diberikan, maka piksel tersebut digabungkan menjadi suatu *cluster*, tetapi sebaliknya apabila jarak spektral tersebut lebih besar maka piksel yang pertama akan menjadi acuan untuk mengukur jarak spektral terhadap piksel berikutnya.

2.7 Uji Akurasi

Uji akurasi bertujuan untuk menguji tingkat keakuratan secara visual dari hasil klasifikasi terbimbing dengan menggunakan titik-titik kontrol lapangan untuk uji akurasi. Titik-titik lain yang ditentukan sebanyak kelas-kelas yang telah ditetapkan dalam klasifikasi pada lokasi di luar area contoh yang telah digunakan sebelumnya. Uji akurasi terhadap besarnya kesalahan klasifikasi area contoh untuk menentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Uji ketelitian pemetaan meliputi jumlah piksel area contoh yang diklasifikasikan dengan benar atau salah, pemberian nama kelas secara benar, persentase banyaknya piksel dalam masing-masing kelas serta persentase kesalahan total (Hendrawan 2003).

Akurasi ketelitian pemetaan diuji dengan membuat matriks *contingency* yang lebih sering disebut dengan matriks kesalahan (*confusion matrix*) seperti terlihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Matriks Kesalahan (*Confusion Matrix*)

Data Acuan (<i>Training Area</i>)	Diklasifikasikan ke Kelas (Data Kelas di Peta)				Total Baris	<i>Producer's Accuracy</i>
	A	B	C	D		
A	x_{ii}			x_{i+}		x_{ii}/x_{i+}
B						
C						
...						
D				x_{ii}		
Total Kolom	x_{i+}					
<i>User's Accuracy</i>	x_{ii}/x_{i+}					

Secara matematis akurasi diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Producer's Accuracy = \frac{x_{ii}}{x_{i+}} \times 100\% \quad (2.14)$$

$$User's Accuracy = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \times 100\% \quad (2.15)$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_i^r x_{ii}}{N} \times 100\% \quad (2.16)$$

Di mana:

x_{ii} = Nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

x_{i+} = Jumlah piksel dalam baris ke-i

x_{+i} = Jumlah piksel dalam kolom ke-i

Nilai akurasi yang paling banyak digunakan adalah akurasi Kappa, karena nilai ini memperhitungkan semua elemen (kolom) dari matrix. Secara matematis akurasi Kappa dinyatakan sebagai berikut:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})} \times 100\% \quad (2.17)$$

Di mana:

K = Koefisien Kappa

n = Jumlah total pengamatan

r = Jumlah baris dalam *error* matriks

x_{ii} = Jumlah pengamatan baris i kolom i

x_{i+} = Total pengamatan pada baris i

x_{+i} = Total pengamatan pada kolom i

2.8 Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penutupan lahan terdiri dari perubahan yang bersifat tetap (*land use*) dan bersifat sementara (*land cover*). Perubahan yang bersifat tetap artinya perubahan dari satu jenis penggunaan menjadi penggunaan lahan jenis lain, sedangkan perubahan sementara artinya yang berubah hanya tutupan lahannya, jenis penggunaan lahannya tetap (Lo 1995).

Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu. Informasi penutupan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh yang tepat. Sedangkan kegiatan manusia pada suatu lahan (penggunaan lahan) tidak selalu dapat ditaksir secara langsung dari penutupan lahannya (Lillesand dan Kiefer 1990). Perubahan penutupan lahan merupakan keadaan suatu lahan yang karena kegiatan manusia mengalami kondisi yang berubah pada waktu yang berbeda (Hakim 2006).

Pemantauan perubahan penutupan lahan adalah proses mengidentifikasi perubahan suatu objek atau fenomena dengan mengamatinya pada waktu berbeda. Registrasi yang akurat dari sedikitnya dua citra sangat diperlukan dalam mendeteksi perubahan. Citra tersebut dapat berupa data mentah penginderaan jauh atau dua peta klasifikasi citra yang diperoleh dari dua waktu yang berbeda.

Dalam pemantauan perubahan secara digital, respon spektral suatu piksel pada dua waktu akan berbeda jika tutupan lahan berubah dari tutupan lahan yang satu menjadi tutupan lahan yang lainnya. *Band* yang sensitif terhadap perubahan dapat ditentukan dengan karakteristik reflektansi spektral masing-masing band terhadap vegetasi, tanah, dan air. Analisis perubahan penutupan lahan dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya: *image overlay*, differensiasi citra (*image differencing*), analisis komponen utama (*principal component analysis*), dan perbandingan

hasil klasifikasi (*classification comparison*) (Hendrawan 2003).

Perbandingan hasil klasifikasi adalah suatu metode deteksi perubahan penutupan lahan yang membandingkan citra-citra yang telah diklasifikasikan piksel demi piksel untuk mengidentifikasi perubahan yang terjadi. Teknik perbandingan klasifikasi dilakukan dengan menggunakan dua citra yang telah diklasifikasi secara terpisah. Perbandingan dilakukan piksel per piksel untuk mendapatkan data yang detail mengenai perubahan yang terjadi (Hendrawan 2003).

2.9 Penelitian Sebelumnya

Adapun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian yang berjudul Penerapan Metode Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Analisa Perubahan Penggunaan Lahan (Studi Kasus: Wilayah Kali Surabaya) oleh Bangun Muljo Sukojo dan Diah Susilowati, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada penelitian ini, identifikasi peta perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan proses tumpang susun peta penggunaan lahan tahun 1990 (hasil digitasi skala 1:50.000) dan peta penggunaan lahan tahun 1997 hasil interpretasi citra Landsat TM (*Thematic Mapper*) tahun 1997 dengan koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*). Perbaikan kontras citra melalui perataan histogram dilakukan dengan teknik klasifikasi terawasi yang terbagi menjadi 7 (tujuh) klas (sawah, perkampungan, tegalan, industri, tambak, lapangan olah raga dan semak). Analisis perubahan penggunaan lahan dan tingkat pencemaran air sungai BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan

TSS (*Total Suspended Solid*) dilakukan dalam sistem informasi geografis hingga diperoleh *database* dengan format *link* spasial dan tabular. Perubahan penggunaan lahan dianalisis berdasarkan pembagian segmen mengacu arah kontur sepanjang Kali Surabaya. Hasil analisis memperlihatkan perubahan penggunaan lahan pada tahun 1990-1997 yakni sawah berkurang 5,72%, perkampungan bertambah 15,16%, tegalan bertambah 0,54%, tambak berkurang 9,67%, industri bertambah 36,67%, dan semak berkurang 26,67%. Hasil analisis tingkat pencemaran air dengan regresi linier berganda menunjukkan BOD (koefisien determinan 56%) dan TSS (koefisien determinan 65%) masih dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan, tidak demikian halnya dengan COD (koefisien determinan 24%) (Sukojo 2003).

- b. Penelitian berjudul Analisa Pola Perubahan Lahan di Daerah Aliran Sungai Banjir Kanal Barat dengan Citra Multitemporal Menggunakan Klasifikasi Terbimbing. Data yang digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan dan alih lahan pada DAS Banjir Kanal Barat adalah dengan menggunakan citra Landsat-5 tahun 1998, citra SPOT-4 tahun 2009, dan citra Landsat-8 tahun 2014. Dan metode yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan adalah klasifikasi terbimbing (*maximum likelihood*). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan 7 kelas tutupan lahan yaitu permukiman, tubuh air, ladang, perkebunan, sawah, hutan, belukar. Perubahan tutupan lahan yang terjadi pada tahun 1998 hingga 2014 terjadi pada seluruh tutupan lahan. Permukiman mengalami total pertambahan luas sebesar 944,98 Ha. Total perubahan luas lahan tubuh air sebesar 12,99 Ha. Luas total keseluruhan

perubahan lahan ladang sebesar 1100,26 Ha. Perkebunan mengalami total perubahan luas lahan sebesar 8669,46 Ha. Total perubahan luas sawah sebesar 1289,2 Ha. Hutan total perubahan luas sebesar 1279,95 Ha, dan belukar perubahan luas belukar dengan total sebesar 6065,28 Ha (Immanuel 2015).

Berdasarkan penelitian di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dapat memberikan hasil klasifikasi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Pada Penelitian ini akan dilakukan proses klasifikasi penggunaan lahan di sepanjang jalan tol di Kabupaten Sidoarjo dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) pada Citra Satelit Landsat tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

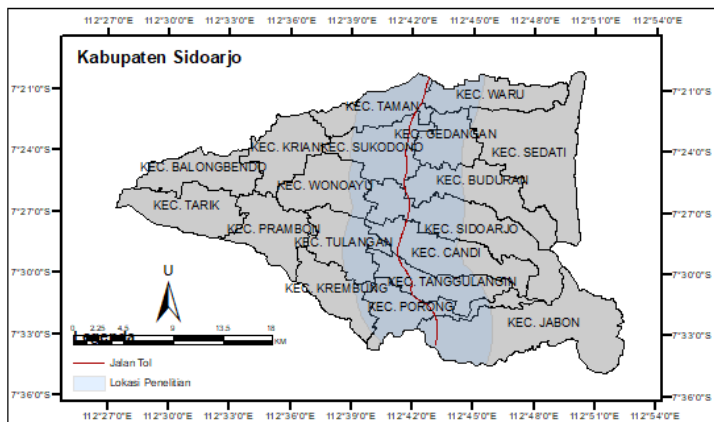
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

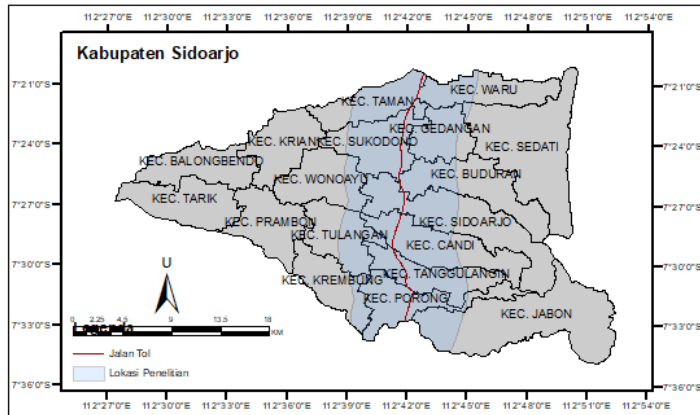
Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Sidoarjo, tepatnya di sepanjang jalan tol pada koordinat $7^{\circ}20' - 7^{\circ}35'$ LS dan $112^{\circ}39' - 112^{\circ}44'$ BT. Jalan tol tersebut melewati beberapa kecamatan, diantaranya:

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Kecamatan Waru | 5. Kecamatan Sidoarjo |
| 2. Kecamatan Taman | 6. Kecamatan Candi |
| 3. Kecamatan Sukodono | 7. Kecamatan Tanggulangin |
| 4. Kecamatan Buduran | 8. Kecamatan Porong |
| | 9. Kecamatan Jabon |



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Tahun 1994 dan 2002

Lokasi penelitian tahun 1994 dan 2002 seperti pada Gambar 3.1, di mana area tersebut merupakan hasil *buffering* jalan tol sejauh 5 km. Sedangkan lokasi penelitian tahun 2013 dan 2018 berbeda dengan tahun 1994 dan 2002. Hal tersebut dikarenakan terjadinya perubahan pola jalan tol akibat kejadian lumpur lapindo pada tahun 2006.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Tahun 2013 dan 2018

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang akan digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Citra Satelit Landsat wilayah Surabaya, diantaranya:
 - i. Landsat 5 tahun 1994
 - ii. Landsat 7 tahun 2002
 - iii. Landsat 8 tahun 2013 dan 2018
- b. Peta RBI skala 1:25.000, diantaranya:
 - i. Peta RBI lembar 1608 -134
 - ii. Peta RBI lembar 1608 - 412
 - iii. Peta RBI lembar 1608 - 414
- c. Peta penggunaan lahan Kabupaten Sidoarjo
- d. Peta batas administrasi Kabupaten Sidoarjo
- e. Data lapangan.

3.2.2 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat Keras
 - i. Laptop
 - ii. GPS *Handheld*
- b. Perangkat Lunak
 - i. Pengolah kata
 - ii. Pengolah citra
 - iii. ArcGIS 10.6.1

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan metode penelitian yang dijelaskan pada uraian berikut.

3.3.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan kegiatan yang dilakukan pada saat penelitian yaitu seperti yang dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 3.3.

3.3.2 Tahap Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah bertujuan untuk pengidentifikasi atau memfokuskan permasalahan yang akan diteliti. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di sekitar jalan tol di Kabupaten Sidoarjo tahun 1994 dan 2002 serta perubahan penggunaan lahan tahun 2013 dan 2018 menggunakan metode *supervised classification*.

3.3.3 Tahap Studi Literatur

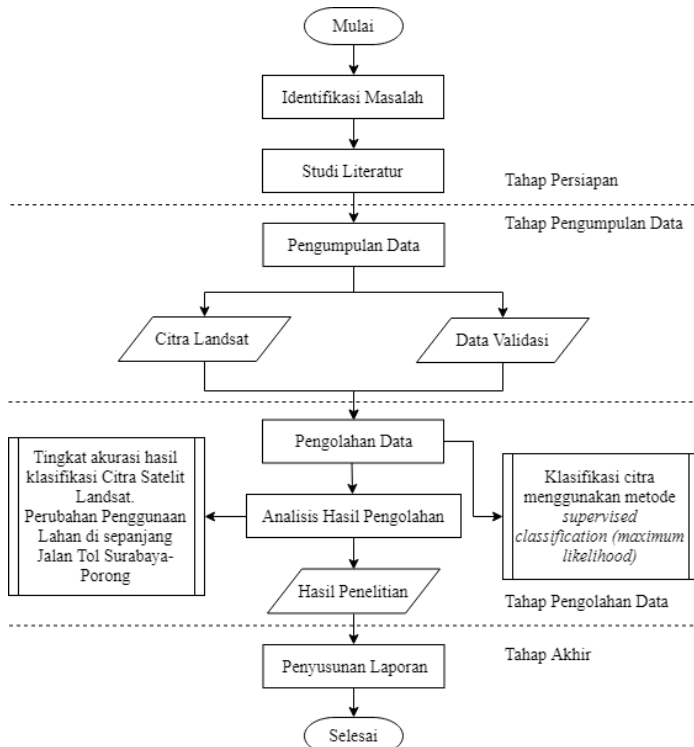
Pada tahap studi literatur ini dilakukan untuk mendapatkan referensi dan memahami materi untuk mendukung pengerjaan tugas akhir. Literatur tersebut dapat berasal dari buku, jurnal, internet, dan sumber terpercaya lainnya.

3.3.4 Tahap Pengumpulan Data

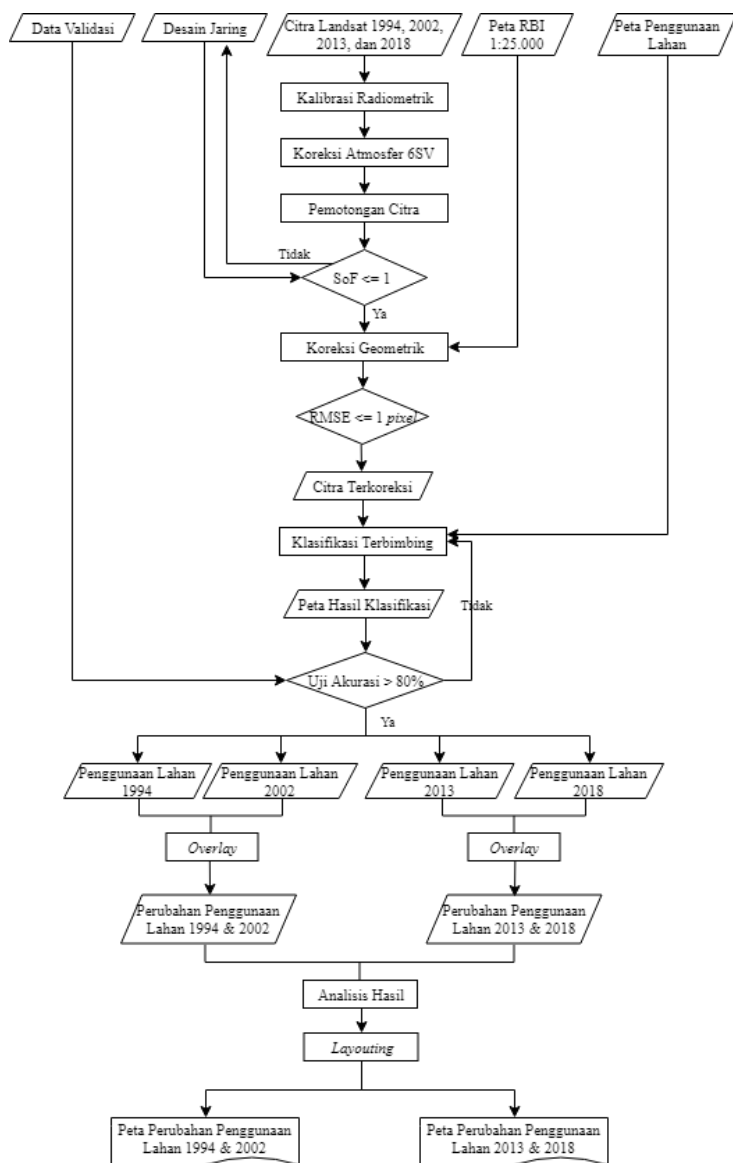
Mengumpulkan data yang diperlukan untuk mendukung pengerjaan dan kekayaan data tugas akhir, seperti Citra Satelit Landsat 5 tahun 1994, Landsat 7 tahun 2002, Landsat 8 tahun 2013 dan 2018, peta RBI skala 1:25.000, dan data lapangan.

2.3.5 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data seperti pada diagram alir (Gambar 3.4).



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut ini merupakan penjelasan pengolahan Citra Satelit Landsat:

- a. Kalibrasi Radiometrik
Koreksi radiometrik terdiri dari dua tahapan, yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Tahapan kalibrasi radiometrik dilakukan dengan konversi nilai piksel dari *digital number* (DN) menjadi nilai radian (L) atau reflektan (P).
- b. Koreksi atmosfer
Koreksi atmosfer bertujuan untuk menghilangkan kesalahan akibat pengaruh atmosfer. Terdapat beberapa metode koreksi atmosfer yang dapat digunakan, salah satunya metode 6SV. Metode 6SV menghasilkan parameter koreksi x_a , x_b dan x_c yang diperoleh dari *website: www.6sv.ltdri.org*.
- c. Pemotongan Citra
Pemotongan citra bertujuan untuk mendapatkan citra sesuai dengan daerah penelitian dengan ukuran citra yang lebih kecil sehingga dalam pemrosesan data akan lebih cepat dan efektif.
- d. Perhitungan *Strength of Figure*
SoF merupakan kekuatan geometrik (bentuk) rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaring. Apabila nilai SoF kecil maka mencerminkan kekuatan jaring yang kecil pula, dan sebaliknya. Nilai SoF sebaiknya kurang dari sama dengan 1 piksel.
- d. Koreksi Geometrik
Koreksi geometrik bertujuan untuk mereduksi terjadinya distorsi geometrik pada

citra. Koreksi geometrik pada Citra Satelit Landsat dilakukan untuk mendapatkan sistem koordinat dan sistem proyeksi yang sama. Dalam koreksi geometrik diperlukan *Ground Control Point* (GCP) guna menghubungkan sistem koordinat citra dengan sistem koordinat geografis atau koordinat tanah.

e. **Klasifikasi**

Klasifikasi merupakan suatu proses pembagian *pixel* ke dalam kelas-kelas tertentu. Metode klasifikasi yang digunakan adalah dengan metode *maximum likelihood*, di mana klasifikasi dengan cara pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* dalam tiap kategori.

f. **Validasi Lapangan**

Melakukan pengukuran atau pengamatan langsung di lapangan untuk memastikan kebenaran hasil klasifikasi.

g. **Uji Akurasi**

Uji Akurasi dalam klasifikasi harus sesuai dengan syarat yang ditentukan yaitu $> 80\%$ (Purwandhi 2011). Jika hasil dari uji ketelitian tersebut kurang dari 80% maka perlu dilakukan klasifikasi ulang hingga mendapatkan nilai yang ditentukan. Uji ketelitian dilakukan dengan menggunakan metode *Confusion Matrix*.

2.3.6 Tahap Analisis

Setelah pembuatan peta perubahan penggunaan lahan di sepanjang jalan tol menggunakan perangkat lunak pengolah peta, kemudian dilakukan analisis seberapa luas perubahan lahan yang terjadi di sepanjang jalan tol di

Kabupaten Sidoarjo pada tahun 1994, 2006, 2010, dan 2018. Selanjutnya dilakukan analisis spasial dengan metode *overlay* antar peta hasil olahan menggunakan perangkat lunak pengolah peta, sehingga dapat diketahui perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Sidoarjo akibat pembangunan jalan tol pada tahun 1994, 2006, 2010, dan 2018.

2.3.7 Tahap Penyusunan Laporan

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan dari hasil analisis penelitian yang disajikan dalam bentuk laporan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.1 Data Citra Satelit

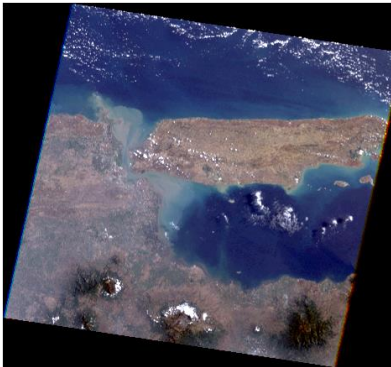
Sumber data yang digunakan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Sidoarjo akibat pembangunan jalan tol berupa data primer dan data sekunder, data primer meliputi data validasi dan data sekunder berupa data citra satelit.

Pada penelitian ini menggunakan data citra dari 3 satelit, yaitu Citra Satelit Landsat 5, Landsat 7, dan Landsat 8 pada *row* 65 dan *path* 118. Citra Satelit yang digunakan meliputi Landsat 5 tahun 1994, Landsat 7 tahun 2002, serta Landsat 8 tahun 2013 dan 2018. Citra tersebut memiliki waktu akuisisi bulan Agustus dan September. Pemilihan citra tersebut berdasarkan jumlah tutupan awan yang sedikit di area penelitian dan kelengkapan data. Seluruh citra Landsat 7 yang diakuisisi setelah Mei 2003 memiliki daerah kosong karena komponen *scanline corrector* (SLC) dalam sensor tidak bekerja (USGS 2018). Hal ini mengakibatkan sekitar 22% dari Citra Landsat tidak memiliki data, sedangkan Landsat 8 mulai beroperasi pada tahun 2013. Informasi singkat mengenai data citra yang digunakan diuraikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *File Landsat 5, Landsat 7, dan Landsat 8*

No.	Tanggal Akuisisi	Nama File
1.	10 September 1994	LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1
2.	23 Agustus 2002	LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1

No.	Tanggal Akuisisi	Nama <i>File</i>
3.	13 Agustus 2013	LC08_L1TP_118065_20130813_2 0170503_01_T1
4.	28 September 2018	LC08_L1TP_118065_20180928_2 0181009_01_T1



Gambar 4.1 Citra Landsat 5
Tahun 1994



Gambar 4.3 Citra Landsat 8
Tahun 2013



Gambar 4.2 Citra Landsat 7
Tahun 2002



Gambar 4.4 Citra Landsat 8
Tahun 2018

Pengolahan data yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi penelitian diperoleh hasil dan analisis dalam uraian berikut ini:

4.2 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik perlu dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek.

4.2.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik bertujuan untuk memperoleh data citra berformat reflektan atau radian. Kalibrasi radiometrik yang diterapkan pada Citra Landsat tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018 yaitu untuk memperoleh data berformat radian. Perbedaan data berformat *digital number* dan radian ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Statistik Nilai *Digital Number* Citra Landsat

Tahun	Kanal	Nilai			
		Min	Max	Mean	St. Dev
1994	1	0,000	255	55,544	37,727
	2	0,000	255	22,706	17,111
	3	0,000	255	22,226	19,726
2002	1	0,000	255	64,469	43,464
	2	0,000	255	46,340	33,354
	3	0,000	255	40,881	33,252
2013	2	0,000	49132	6766,111	4815,414
	3	0,000	50387	6978,216	4474,478
	4	0,000	53252	5525,591	4268,936
2018	2	0,000	65535	7316,086	4906,641

Tahun	Kanal	Nilai			
		Min	Max	Mean	St. Dev
	3	0,000	65535	6575,044	4483,747
	4	0,000	65535	6169,908	4357,408

Perbedaan kedua format citra (*digital number* dan *radian*) ditunjukkan pada nilai piksel masing-masing *band* Citra Landsat. Citra Landsat 5 dan 7 dalam format *digital number* memiliki rentan nilai yang hampir sama dengan citra format *radian*. Nilai piksel dalam format DN pada Landsat 5 dan 7 memiliki rentan 0 – 255 dan pada format *radian* memiliki rentan 0 – 365,003. Sedangkan Citra Landsat 8 dalam format *digital number* memiliki rentan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan citra format *radian*. Nilai piksel dalam format DN pada Landsat 8 memiliki rentan 0 – 65535 dan pada format *radian* memiliki rentan 0 – 775,030.

Tabel 4.3 Statistik Nilai Radian Citra Landsat

Tahun	Kanal	Nilai			
		Min	Max	Mean	St. Dev
1994	1	0,000	193,001	40,900	27,940
	2	0,000	365,003	29,811	23,190
	3	0,000	264,006	21,618	19,910
2002	1	0,000	191,600	45,247	30,866
	2	0,000	196,500	31,903	23,796
	3	0,000	152,899	21,420	18,736
2013	2	0,000	552,751	40,847	35,853
	3	0,000	523,856	29,701	30,723
	4	0,000	469,637	19,668	25,642

Tahun	Kanal	Nilai			
		Min	Max	Mean	St. Dev
2018	2	0,000	775,030	48,808	34,887
	3	0,000	714,192	36,233	28,100
	4	0,000	602,239	26,523	23,893

4.2.2 Koreksi Atmosfer

Metode koreksi atmosfer 6SV (*Second Simulation of the Sensor Signal in the Sensor Spectrum-Vector*) diterapkan melalui aplikasi berbasis web. Pada web tersebut perlu memasukkan beberapa parameter, diantaranya *Geometrical Conditions*, *Atmospherical Model*, *Target & Sensor Altitude*, *Spectral Conditions*, *Ground Reflectance*, dan *Signal*. Parameter tersebut dapat diketahui melalui metadata citra. Hasil pengolahan parameter tersebut berupa nilai x_a , x_b , dan x_c seperti pada Tabel 4.4. Kemudian hasil tersebut digunakan untuk menghitung nilai reflektan BOA (*Bottom of Atmosphere*) menggunakan Persamaan 2.7 dan 2.8.

Tabel 4.4 Nilai Parameter x_a , x_b , dan x_c

Tahun	Kanal	Parameter		
		x_a	x_b	x_c
1994	1	0,00579	0,25509	0,13846
	2	0,00524	0,14197	0,11651
	3	0,00516	0,07903	0,09558
2002	1	0,00504	0,23642	0,07349
	2	0,00459	0,13179	0,11651
	3	0,00456	0,07349	0,09558
2013	2	0,00541	0,25343	0,14002

Tahun	Kanal	Parameter		
		xa	xb	xc
2018	3	0,00483	0,13386	0,11635
	4	0,00482	0,07734	0,09627
	2	0,00451	0,23414	0,14002
	3	0,00406	0,12404	0,11635
	4	0,0041	0,07178	0,09627



Gambar 4.5 Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 1994



Gambar 4.6 Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 2002



Gambar 4.7 Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 2013



Gambar 4.8 Hasil Koreksi Atmosfer Tahun 2018

Hasil koreksi atmosfer seperti pada Gambar 4.5, 4.6, 4.7, dan 4.8. Secara keseluruhan hasil koreksi atmosfer, memberikan gambar yang lebih jelas dari data sebelum koreksi. Sehingga hasil tersebut dapat membantu mempermudah proses klasifikasi.

4.3 Pemotongan Citra

Pemotongan citra bertujuan untuk memfokuskan area yang akan dimati sehingga dapat memperkecil ruang penyimpanan serta mempermudah dalam melakukan analisis.



Gambar 4.9 Hasil
Pemotongan Citra
Tahun 1994



Gambar 4.11 Hasil
Pemotongan Citra
Tahun 2013



Gambar 4.10 Hasil
Pemotongan Citra
Tahun 2002



Gambar 4.12 Hasil
Pemotongan Citra
Tahun 2018

Berdasarkan pada Gambar 4.9, 4.10, 4.11, dan 4.12, secara visual dapat diketahui bahwa penggunaan lahan pada tahun 1994 didominasi oleh lahan pertanian, sedangkan lahan non pertanian masih sedikit. Pada tahun 2002 masih didominasi oleh lahan pertanian, namun lahan non pertanian sedikit mulai bertambah. Sedangkan pada tahun 2013 lahan non pertanian berkembang sangat pesat dari tahun 2002 dan pertanian mulai berkurang. Tahun 2018 lahan non pertanian masih mengalami perkembangan dan mendominasi penggunaan lahan di wilayah sekitar jalan tol di Kabupaten Sidoarjo dan lahan pertanian berkurang secara signifikan.

4.4 Perhitungan SoF (*Strength of Figure*)

SoF (*Strength of Figure*) bertujuan untuk mengetahui kekuatan geometri (bentuk) suatu jaring. Nilai SoF yang semakin kecil menunjukkan bahwa desain jaring semakin kuat. Titik kontrol dari jaring tersebut, kemudian digunakan untuk koreksi geometrik. Desain jaring yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.13 Desain Jaring

Perhitungan *strength of figure* pada Gambar 4.6 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } baseline &= 11 \\
 \text{Jumlah titik} &= 7 \\
 N_{\text{ukuran}} &= \text{Jumlah } baseline \times 3 \\
 &= 33 \\
 N_{\text{parameter}} &= \text{Jumlah titik} \times 3 \\
 &= 21 \\
 U &= N_{\text{ukuran}} - N_{\text{parameter}} \\
 &= 12 \\
 \text{SoF} &= [\text{Trace}(A^T A)^{-1}] / U \\
 &= 0,546
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *strength of figure* memiliki nilai yang kecil yaitu sebesar 0,546. Hasil tersebut menunjukkan bahwa desain jaring pada Gambar 4.13 memiliki geometri yang kuat, sehingga dapat dijadikan sebagai titik kontrol untuk koreksi geometrik.

4.5 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk memposisikan atau memperbaiki sistem koordinat citra agar sesuai dengan koordinat geografis. Koreksi geometrik dilakukan menggunakan Peta RBI skala 1:25.000. Penggunaan Peta RBI skala 1:25.000 dikarenakan Citra Satelit Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter. Sistem proyeksi yang digunakan yaitu *Universal Transverse Mercator* (UTM) Zona 49S dan menggunakan datum *World Geodetic System* (WGS) 1984. Hasil koreksi geometrik Citra Landsat seperti pada Tabel 4.5, Tabel 4.6, Tabel 4.7, dan Tabel 4.8.

Tabel 4.5 Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 1994

GCP	<i>Map</i>		<i>Image</i>		<i>RMS Error (pixel)</i>
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	690827,720	9185209,940	1003,000	345,000	0,330

2	684770,840	9182344,080	801,000	441,000	0,130
3	689738,670	9176827,170	966,970	625,000	0,320
4	681981,620	9175520,510	707,970	667,970	0,230
5	690489,870	9171755,140	991,970	793,970	0,520
6	683094,420	9168413,260	745,000	905,030	0,100
7	690693,170	9165137,800	1000,000	1014,000	0,440
Total RMS Error					0,328

Tabel 4.6 Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 2002

GCP	<i>Map</i>		<i>Image</i>		<i>RMS Error (pixel)</i>
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	690827,720	9185209,940	1002,970	345,000	0,270
2	684770,840	9182344,080	801,060	441,000	0,110
3	689738,670	9176827,170	967,000	625,000	0,340
4	681981,620	9175520,510	708,000	668,000	0,190
5	690489,870	9171755,140	991,970	794,000	0,260
6	683094,420	9168413,260	745,030	905,000	0,090
7	690693,170	9165137,800	999,000	1014,030	0,290
Total RMS Error					0,239

Tabel 4.7 Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 2013

GCP	<i>Map</i>		<i>Image</i>		<i>RMS Error (pixel)</i>
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	690827,720	9185209,940	1022,970	345,000	0,260
2	684770,840	9182344,080	820,940	441,000	0,120
3	689738,670	9176827,170	986,970	624,970	0,310
4	681981,620	9175520,510	727,970	668,000	0,200
5	690489,870	9171755,140	1012,000	794,000	0,260
6	683094,420	9168413,260	764,970	905,000	0,100

GCP	<i>Map</i>		<i>Image</i>		<i>RMS Error (pixel)</i>
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
7	690693,170	9165137,800	1018,970	1014,030	0,290
<i>Total RMS Error</i>					0,234

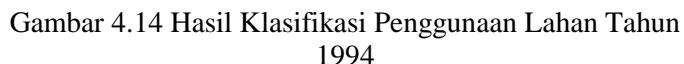
Tabel 4.8 Nilai RMSE Citra Landsat Tahun 2018

GCP	<i>Map</i>		<i>Image</i>		<i>RMS Error (pixel)</i>
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	690827,720	9185209,940	1002,970	344,970	0,290
2	684770,840	9182344,080	800,970	441,000	0,120
3	689738,670	9176827,170	966,970	625,000	0,350
4	681981,620	9175520,510	708,000	668,000	0,200
5	690489,870	9171755,140	991,970	794,000	0,290
6	683094,420	9168413,260	744,940	904,970	0,100
7	690693,170	9165137,800	999,000	1013,970	0,320
<i>Total RMS Error</i>					0,256

Koreksi geometrik pada Citra Landsat tahun 1994, 2002, 2013, dan 2018 dilakukan menggunakan 7 titik GCP sesuai dengan hasil perhitungan SoF. Nilai RMSE yang diperoleh berturut-turut sebesar 0,328, 0,239, 0,234, dan 0,256. Nilai tersebut telah memenuhi batas toleransi, yaitu 1 piksel sehingga hasil tersebut dapat digunakan tanpa perlu melakukan perhitungan ulang.

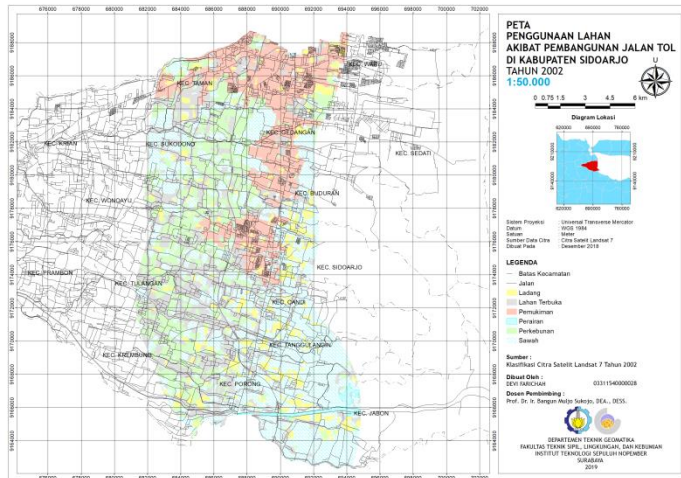
4.6 Klasifikasi Citra

Klasifikasi Citra 1994 dan 2002 digolongkan menjadi 7 kelas, yaitu ladang, lahan terbuka, pemukiman, perairan, perkebunan, sawah sebelum panen, dan sawah sesudah panen. Pembedaan kelas sawah tersebut disebabkan adanya perbedaan tampilan visual, di mana terdapat sawah



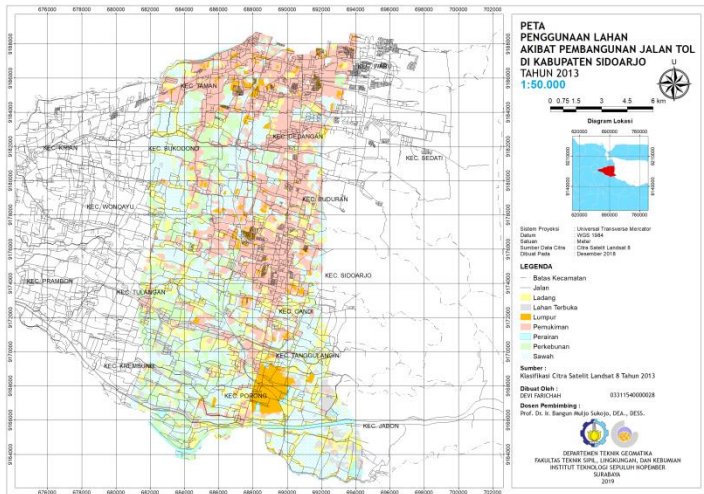
Hasil klasifikasi Citra Satelit Landsat 7 tahun 2002 juga menghasilkan 6 kelas. Adapun hasil klasifikasi tersebut, meliputi ladang, lahan terbuka, pemukiman, perairan,

perkebunan, dan sawah. Hasil klasifikasi tersebut digambarkan pada Gambar 4.15.

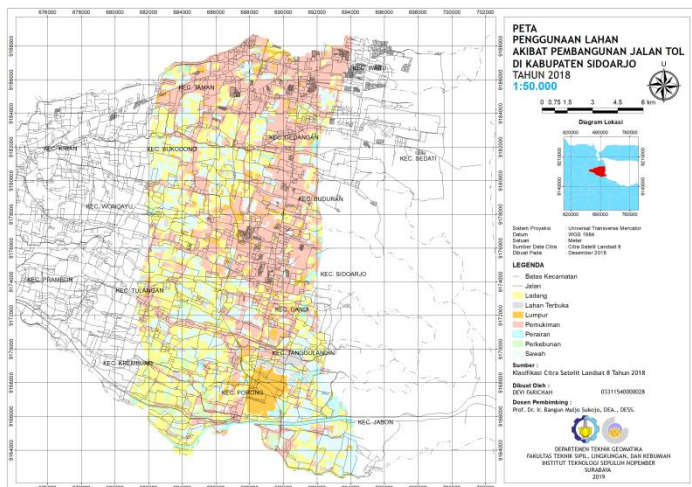


Gambar 4.15 Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2002

Pada citra tahun 2013 dan 2018 digolongkan menjadi 8 kelas, yaitu ladang, lahan terbuka, pemukiman, perairan, perkebunan, sawah sebelum panen, sawah sesudah panen, dan lumpur. Setelah dilakukan klasifikasi, dilakukan penggabungan kelas sawah sebelum panen dan sawah sesudah panen. Sehingga dihasilkan 7 kelas diantaranya ladang, lahan terbuka, pemukiman, perairan, perkebunan, sawah, dan lumpur. Hasil klasifikasi Citra Satelit Landsat 8 menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan algoritma *maximum likelihood* tahun 2013, seperti pada Gambar 4.16 dan hasil klasifikasi tahun 2018, seperti pada Gambar 4.17



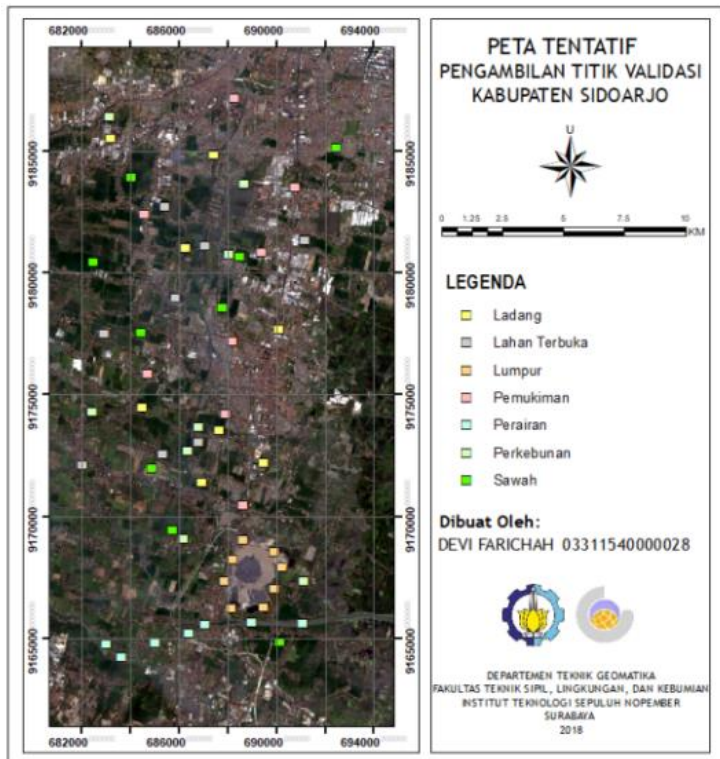
Gambar 4.16 Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2013



Gambar 4.17 Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2018

4.7 Data Validasi

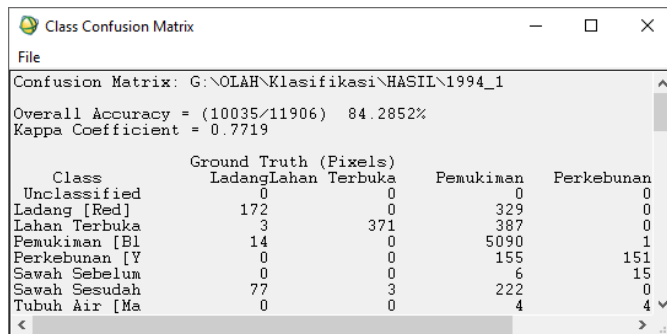
Pengambilan data validasi dilakukan pada tanggal 28 November 2018. Validasi bertujuan untuk mengetahui ketepatan data antara kondisi di lapangan dengan hasil klasifikasi. Titik validasi berjumlah 57 titik, di mana terdapat 7 titik pada setiap kelas (ladang, lahan terbuka, lumpur, perairan, pemukiman, dan perkebunan) dan 9 kelas sawah. Penentuan titik validasi tersebut diusahakan menyebar merata seperti pada Gambar 4.18, sehingga dapat memberikan nilai akurasi yang baik.



Gambar 4.18 Titik Validasi

4.8 Uji Akurasi

Uji akurasi hasil klasifikasi menggunakan *confusion matrix*. Uji akurasi memerlukan *training area* dari masing-masing citra yang digunakan. Nilai uji akurasi yang tinggi menunjukkan hasil klasifikasi yang akurat. Uji akurasi ini dapat dilakukan oleh perangkat lunak pengolah citra. Hasil uji akurasi menggunakan perangkat lunak pengolah citra disajikan pada Gambar 4.19, Gambar 4.20, Gambar 4.21, dan Gambar 4.22.



Class Confusion Matrix

File

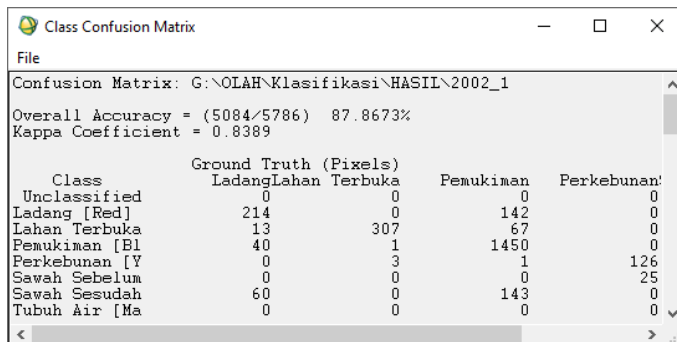
Confusion Matrix: G:\OLAH\Klasifikasi\HASIL\1994_1

Overall Accuracy = (10035/11906) 84.2852%

Kappa Coefficient = 0.7719

Class	Ground Truth (Pixels)		Pemukiman	Perkebunan
	Ladang	Lahan Terbuka		
Unclassified	0	0	0	0
Ladang [Red]	172	0	329	0
Lahan Terbuka	3	371	387	0
Pemukiman [Bl]	14	0	5090	1
Perkebunan [Y]	0	0	155	151
Sawah Sebelum	0	0	6	15
Sawah Sesudah	77	3	222	0
Tubuh Air [Ma]	0	0	4	4

Gambar 4.19 Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 1994



Class Confusion Matrix

File

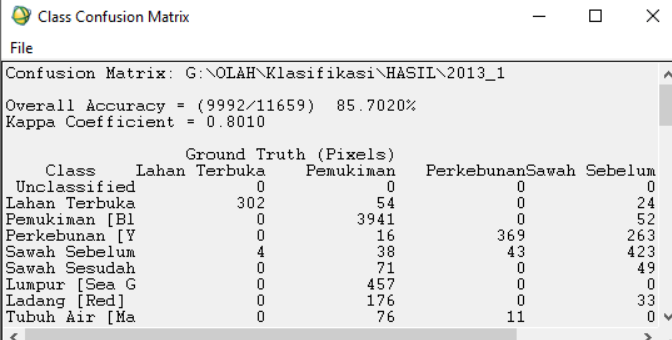
Confusion Matrix: G:\OLAH\Klasifikasi\HASIL\2002_1

Overall Accuracy = (5084/5786) 87.8673%

Kappa Coefficient = 0.8389

Class	Ground Truth (Pixels)		Pemukiman	Perkebunan
	Ladang	Lahan Terbuka		
Unclassified	0	0	0	0
Ladang [Red]	214	0	142	0
Lahan Terbuka	13	307	67	0
Pemukiman [Bl]	40	1	1450	0
Perkebunan [Y]	0	3	1	126
Sawah Sebelum	0	0	0	25
Sawah Sesudah	60	0	143	0
Tubuh Air [Ma]	0	0	0	0

Gambar 4.20 Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 2002



File

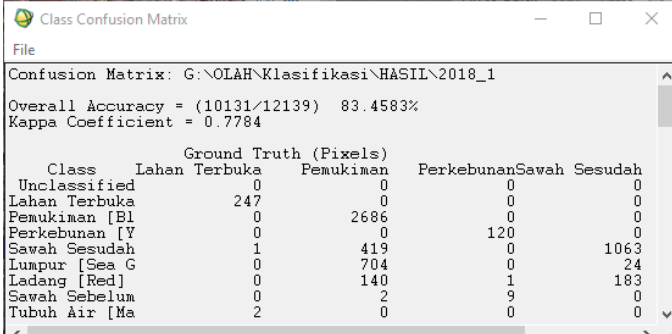
Confusion Matrix: G:\OLAH\Klasifikasi\HASIL\2013_1

Overall Accuracy = (9992/11659) 85.7020%

Kappa Coefficient = 0.8010

Class	Ground Truth (Pixels)			
	Lahan Terbuka	Pemukiman	Perkebunan	Sawah Sebelum
Unclassified	0	0	0	0
Lahan Terbuka	302	54	0	24
Pemukiman [Bl	0	3941	0	52
Perkebunan [Y	0	16	369	263
Sawah Sebelum	4	38	43	423
Sawah Sesudah	0	71	0	49
Lumpur [Sea G	0	457	0	0
Ladang [Red]	0	176	0	33
Tubuh Air [Ma	0	76	11	0

Gambar 4.21 Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 2013



File

Confusion Matrix: G:\OLAH\Klasifikasi\HASIL\2018_1

Overall Accuracy = (10131/12139) 83.4583%

Kappa Coefficient = 0.7784

Class	Ground Truth (Pixels)			
	Lahan Terbuka	Pemukiman	Perkebunan	Sawah Sesudah
Unclassified	0	0	0	0
Lahan Terbuka	247	0	0	0
Pemukiman [Bl	0	2686	0	0
Perkebunan [Y	0	0	120	0
Sawah Sesudah	1	419	0	1063
Lumpur [Sea G	0	704	0	24
Ladang [Red]	0	140	1	183
Sawah Sebelum	0	2	9	0
Tubuh Air [Ma	2	0	0	0


Gambar 4.22 Hasil Uji Akurasi Citra Tahun 2018

Uji akurasi yang dilakukan oleh perangkat lunak pengolah citra menggunakan *training sample* yang telah ditentukan sebelumnya. Sehingga tingkat akurasi yang diperoleh bergantung pada banyaknya sampel yang digunakan serta tingkat homogenitas dalam menentukan sampel. Selain itu, semakin kecil titik sampel yang dibuat maka semakin akurat klasifikasi yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena sampel tersebut fokus terhadap nilai piksel tertentu.

Tabel 4.9 Hasil Uji Akurasi Menggunakan Data Hasil Validasi

Kelas	Hasil Validasi (<i>Ground truth</i>)							Total	Omisi	MA(%)
	PA	LA	LB	LU	PM	PK	SA			
PA	8							8	0	100,000
LA		8						8	3	61,538
LB			6				2	8	0	66,667
LU				8				8	0	100,000
PM					8			8	0	100,000
PK		2				4	2	8	0	88,889
SA			1				8	9	2	75,000
Total	8	10	7	8	8	4	12	57	5	74,012
Komisi	0	2	4	0	0	1	0	7	<i>Overall Accuracy</i>	87,7193

Keterangan:

-  : Titik yang benar
 PA : Perairan
 LA : Ladang
 LB : Lahan Terbuka
 LU : Lumpur
 PM : Pemukiman
 SA : Sawah

Hasil uji akurasi pada Tabel 4.9 merupakan hasil uji akurasi data hasil klasifikasi terhadap data validasi yang diperoleh langsung di lapangan. Dari hasil uji akurasi tersebut telah diperoleh nilai $> 80\%$ sehingga hasil klasifikasi tersebut dianggap memiliki tingkat akurasi yang baik.

4.9 Analisis

4.9.1 Penggunaan Lahan di Kabupaten Sidoarjo Akibat Pembangunan Jalan Tol

Penggunaan lahan di sepanjang jalan tol di Kabupaten Sidoarjo pada tahun 1994 seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Luas Penggunaan Lahan Tahun 1994

Kelas	Luas (ha)	Proporsi (%)
Ladang	914,832	3,558
Lahan Terbuka	3356,424	13,053
Pemukiman	3977,479	15,468
Perairan	343,120	1,334
Perkebunan	5327,168	20,717
Sawah	11795,398	45,871
Total	25714,421	100,000

Penggunaan lahan pada tahun 1994 didominasi oleh penggunaan lahan untuk sawah yaitu sebesar 11795,398 ha (45,871%) hampir mencakup setengah dari luas total sepanjang jalan tol di Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan luasan terkecil terdapat pada kelas perairan yaitu 343,120 ha (1,334%). Penggunaan lahan lainnya memiliki luas 5327,168 ha untuk perkebunan, 3977,479 untuk pemukiman, 3356,434 untuk lahan terbuka, dan 914,832 untuk ladang.

Tabel 4.11 Luas Penggunaan Lahan Tahun 2002

Kelas	Luas (ha)	Proporsi (%)
Ladang	1788,664	6,956
Lahan Terbuka	6311,361	24,544

Kelas	Luas (ha)	Proporsi (%)
Pemukiman	4379,394	17,031
Perairan	162,761	0,633
Perkebunan	4321,789	16,807
Sawah	8750,452	34,029
Total	25714,421	100,000

Pada Tabel 4.11 penggunaan lahan tahun 2002 luasan terbesar pada penggunaan lahan sawah yaitu 8750,452 ha (34,029%) dan luasan terkecil yaitu pada kelas perairan 162,761 ha (0,633%). Selain itu lahan terbuka juga masih cukup dominan, yaitu seluas 6311,361 ha (24,544%), diikuti dengan lahan pemukiman, perkebunan, dan ladang dengan luas secara berurutan, yaitu 4379,394 ha, 4321,789 ha, dan 1788,664 ha. Luas penggunaan lahan pada tahun 1994 dan 2002 yang berjarak 5 km dari jalan tol (kanan dan kiri) di Kabupaten Sidoarjo memiliki luas 25714,421 ha.

Penggunaan lahan pada tahun 2013 masih didominasi oleh penggunaan lahan untuk sawah yaitu sebesar 8669,459 ha (33,764%), diikuti oleh penggunaan lahan pemukiman, ladang, perkebunan, lahan terbuka, lumpur, dan perairan dengan luas secara berurutan 7956,612 ha, 3841,631 ha, 2899,108 ha, 1043,134 ha, 1042,544 ha, dan 224,182 ha.

Tabel 4.12 Luas Penggunaan Lahan Tahun 2013

Kelas	Luas (ha)	Proporsi (%)
Ladang	3841,631	14,962
Lahan Terbuka	1043,134	4,063
Lumpur	1042,544	4,060
Pemukiman	7956,612	30,988

Kelas	Luas (ha)	Proporsi (%)
Perairan	224,182	0,873
Perkebunan	2899,108	11,291
Sawah	8669,459	33,764
Total	25676,671	100,000

Pada Tabel 4.13 penggunaan lahan tahun 2018 luasan terbesar pada penggunaan lahan pemukiman yaitu 9865,278 ha (38,421%) dan luasan terkecil yaitu pada kelas perairan seluas 346,906 ha (1,351%). Sedangkan penggunaan lahan lain memiliki luas 8010,127 ha untuk lahan, 4919,691 ha untuk sawah, 1363,362 ha untuk lumpur, 648,495 ha untuk perkebunan, 522,811 ha untuk lahan terbuka. Luas penggunaan lahan pada tahun 2013 dan 2018 yang berjarak 5 km dari jalan tol (kanan dan kiri) di Kabupaten Sidoarjo memiliki luas 25676,671 ha.

Tabel 4.13 Luas Penggunaan Lahan Tahun 2018

Kelas	Luas (ha)	Proporsi (%)
Ladang	8010,127	31,196
Lahan Terbuka	522,811	2,036
Lumpur	1363,362	5,310
Pemukiman	9865,278	38,421
Perairan	346,906	1,351
Perkebunan	648,495	2,526
Sawah	4919,691	19,160
Total	25676,671	100,000

4.9.2 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Pada penggunaan lahan tahun 1994 dan 2002 kenaikan yang paling dominan berada pada kelas lahan terbuka yaitu sebesar 2954,937 ha dan yang mengalami penurunan terbesar yaitu pada kelas sawah 3044,946 ha. Adapun kelas lahan lain yang mengalami penurunan, yaitu kelas perairan (180,359 ha) dan perkebunan (1005,379). Sedangkan kelas lahan yang mengalami peningkatan, meliputi kelas ladang (873,833) dan kelas pemukiman (40,916 ha).

Tabel 4.14 Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002

Kelas	Luas (ha)		Selisih (ha)
	1994	2002	
Ladang	914,832	1788,664	873,833
Lahan Terbuka	3356,424	6311,361	2954,937
Pemukiman	3977,479	4379,394	40,916
Perairan	343,120	162,761	-180,359
Perkebunan	5327,168	4321,789	-1005,379
Sawah	11795,398	8750,452	-3044,946
Total	25714,421	25714,421	0,000

Perubahan penggunaan lahan tahun 1994 dan 2002 diperoleh dari hasil *overlay*. *Overlay* yang digunakan yaitu metode *union* sehingga diperoleh daerah yang mengalami perubahan. Hasil *overlay* seperti pada Gambar 2.24.

pada kelas Sawah menjadi lahan terbuka dengan luas 2160,217 ha dan kelas yang memiliki luasan terkecil yaitu lahan perkebunan menjadi perairan (2,874).

Tabel 4.15 Luas Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002

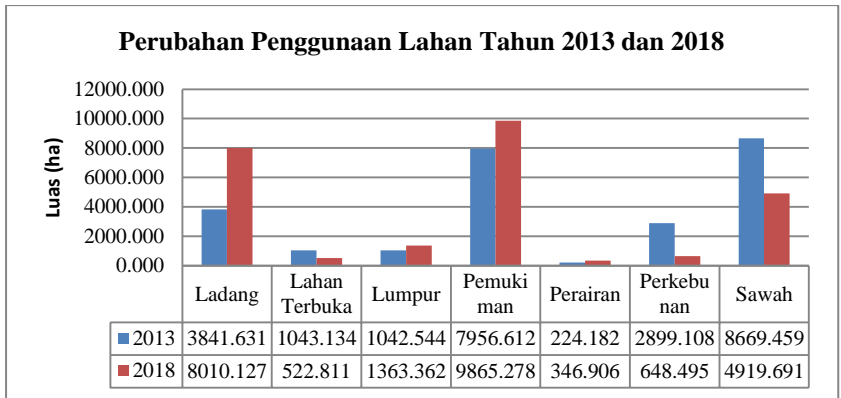
No.	Perubahan Penggunaan Lahan	Luas (ha)
1	Lahan Terbuka- Perairan	3,682
2	Perkebunan-Perairan	2,874
3	Ladang-Lahan Terbuka	46,444
4	Ladang-Pemukiman	94,877
5	Ladang-Perkebunan	119,604
6	Ladang-Sawah	381,266
7	Lahan Terbuka- Ladang	98,196
8	Lahan Terbuka- Pemukiman	223,069
9	Lahan Terbuka- Perkebunan	450,643
10	Lahan Terbuka-Sawah	794,509
11	Perairan-Lahan Terbuka	85,814
12	Perairan-Perkebunan	14,001
13	Perairan-Sawah	121,503
14	Perkebunan-Ladang	204,438
15	Perkebunan-Lahan Terbuka	1917,278
16	Perkebunan- Pemukiman	442,152
17	Perkebunan-Sawah	968,606
18	Sawah-Ladang	879,914
19	Sawah-Lahan Terbuka	2160,217

No.	Perubahan Penggunaan Lahan	Luas (ha)
20	Sawah-Pemukiman	476,047
21	Sawah-Perairan	54,886
22	Sawah-Perkebunan	1908,491

Penggunaan lahan ladang pada tahun 2013 ke 2018 mengalami peningkatan sebesar 4168,496 ha, di mana peningkatan tersebut merupakan peningkatan terbesar. Sedangkan penurunan terbesar berada pada kelas sawah, yaitu sebesar 3749,767 ha.

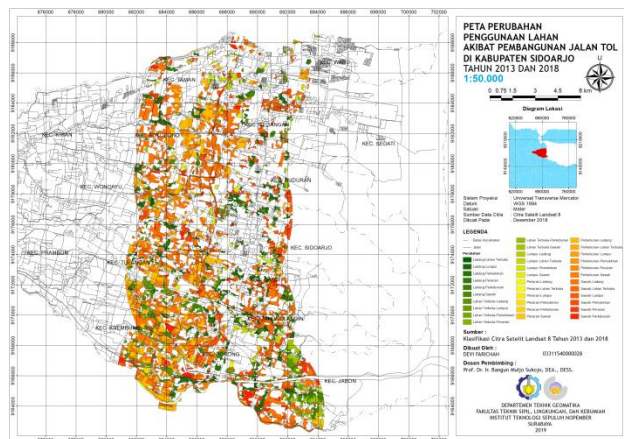
Tabel 4.16 Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018

Kelas	Luas (ha)		Selisih (ha)
	2013	2018	
Ladang	3841,631	8010,127	4168,496
Lahan Terbuka	1043,134	522,811	-520,323
Lumpur	1042,544	1363,362	320,818
Pemukiman	7956,612	9865,278	1908,666
Perairan	224,182	346,906	122,724
Perkebunan	2899,108	648,495	-2250,613
Sawah	8669,459	4919,691	-3749,767
Total	25676,671	25676,671	0,000



Gambar 4.25 Perbandingan Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018

Hasil *overlay* hasil klasifikasi penggunaan lahan tahun 2013 dan tahun 2018 seperti pada Gambar 4.26 dan luasan setiap kelas seperti pada Tabel 4.17.



Gambar 4.26 Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018

Tabel 4.17 Luas Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2013 dan 2018

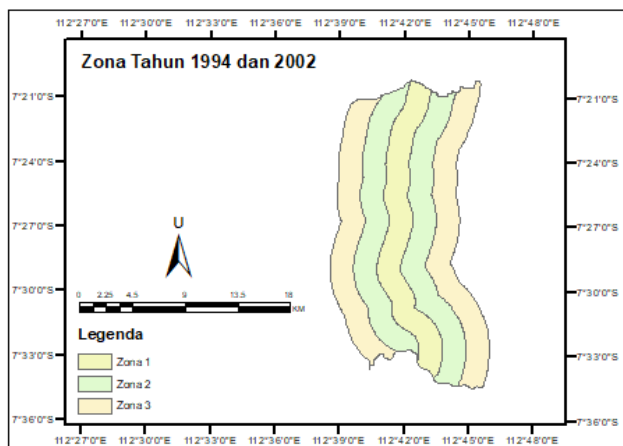
No.	Perubahan Penggunaan Lahan	Luas (ha)
1	Perairan-Pemukiman	6,055
2	Perairan-Lahan Terbuka	2,815
3	Perairan-Perkebunan	11,318
4	Ladang-Lahan Terbuka	58,885
5	Ladang-Lumpur	38244
6	Ladang-Pemukiman	1007,760
7	Ladang-Perairan	28,759
8	Ladang-Perkebunan	83,456
9	Ladang-Sawah	682,512
10	Lahan Terbuka-Ladang	276,033
11	Lahan Terbuka-Lumpur	39,929
12	Lahan Terbuka-Pemukiman	175,863
13	Lahan Terbuka-Perairan	15,494
14	Lahan Terbuka-Perkebunan	8,981
15	Lahan Terbuka-Sawah	300,069
16	Lumpur-Ladang	6,335
17	Lumpur-Lahan Terbuka	44,809
18	Lumpur-Pemukiman	390,067
19	Lumpur-Sawah	31,242
20	Perairan-Ladang	43,844
21	Perairan-Lumpur	24,588
22	Perairan-Sawah	44,088
23	Perkebunan-Ladang	1561,581
24	Perkebunan-Lahan Terbuka	81,182
25	Perkebunan-Lumpur	12,904
26	Perkebunan-Pemukiman	121,820
27	Perkebunan-Perairan	36,918
28	Perkebunan-Sawah	642,186
29	Sawah-Ladang	3701,796
30	Sawah-Lahan Terbuka	221,667

No.	Perubahan Penggunaan Lahan	Luas (ha)
31	Sawah-Lumpur	178,343
32	Sawah-Pemukiman	975,549
33	Sawah-Perairan	124,054
34	Sawah-Perkebunan	282,367

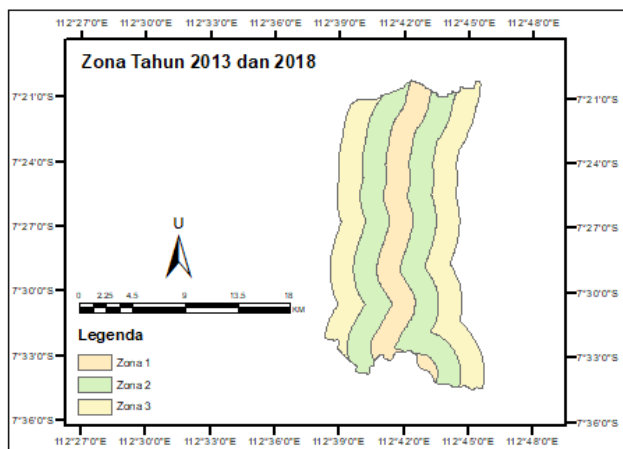
Pada Tabel 4.17 dapat diketahui luasan perubahan penggunaan lahan pada tahun 2013 dan 2018. Perubahan penggunaan lahan terbesar pada kelas sawah menjadi ladang yaitu 3701,796 ha dan penggunaan lahan terkecil pada kelas lahan menjadi perairan 2,815 ha.

4.9.3 Analisis Pengaruh Pembangunan Jalan Tol Terhadap Area Pemukiman

Pembangunan jalan tol dapat mempengaruhi perkembangan suatu daerah. Daerah yang berkembang cenderung mengalami peningkatan jumlah penduduk. Jumlah penduduk menyebabkan terjadinya perubahan lahan pertanian menjadi lahan non pertanian, seperti pemukiman. Untuk mengetahui besar pengaruh jalan tersebut terhadap perkembangan pemukiman di sekitarnya, pada penelitian ini dilakukan pembagian zona terpengaruh. Zona tersebut terbagi menjadi 3, yaitu zona 1 yang memiliki jarak 1 km dari jalan tol (kanan dan kiri), zona 2 berjarak 1 km – 3 km dari jalan tol, dan zona 3 memiliki jarak 3 km – 5 km dari jalan. Zona tersebut seperti pada Gambar 4.27 untuk tahun 1994 dan 2002 dan Gambar 4.28 untuk tahun 2013 dan 2018.



Gambar 4.27 Zona Tahun 1994 dan 2002



Gambar 4.28 Zona Tahun 2013 dan 2018

Hasil pemberian zona, dapat diketahui luas lahan pertanian yang berubah menjadi lahan pemukiman seperti pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perubahan Penggunaan Lahan Pemukiman
Perubahan Penggunaan Lahan Pemukiman
Tahun 1994 dan 2002

Zona	Luas (ha)
1	384,978
2	647,756
3	203,500

Perubahan Penggunaan Lahan Pemukiman
Tahun 2013 dan 2018

Zona	Luas (ha)
1	703,302
2	900,271
3	1073,540

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat ditarik kesimpulan bahwa pembangunan jalan tol tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi non pertanian (pemukiman). Hal tersebut ditunjukkan dari jumlah pemukiman terbesar berada pada zona 2 (berjarak 1 – 3 km dari jalan tol) pada tahun 1994 dan 2002. Sedangkan pada tahun 2013 dan 2018 perubahan lahan menjadi pemukiman terbesar terjadi pada zona 3 (berjarak 3 – 5 km dari jalan tol).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan jalan tol di Kabupaten Sidoarjo, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil klasifikasi Citra Satelit Landsat 5, 7, dan 8 menggunakan metode *supervised classification* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik yaitu lebih besar dari 80%.
2. Perubahan penggunaan lahan tahun 1994 dan 2002 terjadi secara tidak teratur, peningkatan terbesar terjadi pada lahan terbuka sebesar 2954,937 ha, dan penurunan terbesar yaitu sawah sebesar 3044,946 ha. Sedangkan perubahan penggunaan lahan tahun 2013 dan 2018, terjadi peningkatan tertinggi pada ladang yaitu sebesar 4168,496 ha dan penurunan terbesar terjadi pada sawah seluas 3749,767 ha.
3. Wilayah yang berjarak 5 km dari jalan tol, relatif tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap presentase penambahan pemukiman maupun lahan pertanian lainnya

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain sebagai berikut:

1. Pembuatan *training area* yang semakin kecil dan spesifik akan menghasilkan klasifikasi yang lebih detail.
2. Hasil klasifikasi dari *software* yang digunakan perlu dicek lagi dengan data penggunaan lahan hasil digitasi.
3. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan analisis dengan membandingkan penggunaan lahan dengan RTRW pada kawasan tersebut serta analisis terhadap faktor pendorong perubahan penggunaan lahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Hasanuddin Zainal. 2002. Survei dengan GPS. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Badan Informasi Geospasial. 2011. Undang-Undang Informasi Geospasial No. 4 Tahun 2011.
- Beisl, J Telaar, M. V. Schomermark. 2008. *"Atmospheric Correction, Reflectance Calibration And Brdf Correction For Ads40 Image Data"*. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol. XXXVII Part B7*, 2008: 7-12.
- Chander, G., Markham, B.L., dan Helder, D. L. 2009. *"Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors"*. *Remote Sensing of Environment (113)*, 2009: 893 – 903.
- Danoedoro, Projo. 1996. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Djunaedi. 1990. "Pola Tata Guna Tanah Beberapa Ibukota Kecamatan di DIY". Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.
- Hakim, L. 2006. "Distribusi Hutan Alam Dan Laju Perubahannya Menurut Kabupaten di Indonesia". Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Hamza., Eltohamy. 2009. *"Effect of Ground Control points Location and Distribution on Geometric Correction Accuracy of Remote Sensing Satellite Images"*. *AEROSPACE SCIENCES & AVIATION TECHNOLOGY.*, 2009: 1-14.
- Hendrawan, D. 2003. *"Monitoring Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat TM di DAS CitarikKabupaten Bandung, Jawa Barat"*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Hermawan, Irwan. 2008. "Deteksi Perubahan Penutupan Lahan di Taman Nasional Gunung Halimun Salak Menggunakan Citra Landsat Multiwaktu".
- Immanuel, Thomas Kevin. 2015. Analisa Pola Perubahan Lahan

- di Daerah Aliran Sungai Banjir Kanal Barat Dengan Citra Multitemporal Menggunakan Klasifikasi Terbimbing. Surabaya: Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jasa Marga. 2018. Ruas Tol Surabaya-Gempol. <URL: <http://www.jasamarga.com/public/id/infolayanan/toll/ruas.aspx?title=Surabaya%20-%20Gempol>>. Dikunjungi pada tanggal 1 September 2018, jam 07.20.
- Jensen, J. R. 2005. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, (2ed)*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Jhonnerie, R. 2010. "Kondisi Pantai dan Perubahan Garis Pantai Pulau Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau, Pekanbaru".
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2012. Locket Pelayanan Informasi Peta. <URL: <http://loketpeta.pu.go.id/peta-infrastruktur-provinsi-jawa-timur-2012>>. Dikunjungi pada tanggal 1 September 2018, jam 12.46.
- Kusumowidagdo, M. dkk. 2007. Buku Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang.
- Lillesand dan Kiefer. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Terjemahan dari *Remote Sensing and Image Interpretation*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lo, C.P. 1995. Penginderaan Jauh Terapan. Universitas Georgia.
- Mather, P.M. 2004. *Computer Processing of Remotely Sensed Data: An Introduction, 3rd edition*,. Brisbane: John Wiley and Sons.
- Nirwansyah, A. W. 2017. Dasar Sistem Informasi Geografi dan Aplikasinya Menggunakan ARCGIS 9.3. Yogyakarta: Deepublish.
- Nurhakim, Kindy. 2017. Studi Perubahan Tingkat Lahan Kritis Lingkungan DAS dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kabupaten Sampang, P. Madura).

- Surabaya: Departemen Teknik Geomatika-FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Parangtritis Geomaritime Science Park. 2016. Perkembangan Landsat. <URL: <https://pgsp.big.go.id/perkembangan-landsat/>>. Dikunjungi pada tanggal 1 September 2018), jam 12.46.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004.
- Prahasta, Eddy. 2001. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Bandung: Informatika Bandung.
- Purwandhi, S. H. 2011. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: Grasindo.
- Sari, V. D., Taufik, M., dan Jaelani, L. M. 2015. "Perbandingan Pengaruh Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Terhadap Indeks Vegetasi Pada Tanaman Padi. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)". Surabaya: Program Studi Diploma Teknik Sipil-FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sukojo, Bangun Muljo. 2003. "Penerapan Metode Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Analisa Penggunaan Lahan (Studi Kasus: Wilayah Kali Surabaya)". Surabaya.
- Sukojo, Bangun Muljo. 2012. Penginderaan Jauh (Dasar Teori dan Terapan). Surabaya.
- Sukojo, Bangun Muljo. 2015. Sistem Informasi Geografi (Teori dan Aplikasi). Surabaya: ITS Press.
- Sunnartono. 1995. "Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Di Perkotaan Melalui Pembangunan Kawasan Siap Bangun". Seminar Nasional Empat Windu, Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Suryantoro, A. 2002. "Perubahan Penggunaan Lahan Kota Yogyakarta Tahun 1959 – 1996 dengan Menggunakan Foto Udara". Yogyakarta: Program Pasca Sarjana UGM.
- Sutanto. 1986. Pengideraan Jauh Jilid I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- USGS. 2018. *What are the band designations for the Landsat satellites?* <URL: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>>. Dikunjungi pada tanggal 1 September 2018, jam 21.10.
- USGS. 2018. *What is Landsat 7 ETM+ SLC-off data?* 2018. <URL: <https://landsat.usgs.gov/what-landsat-7-etm-slc-data>>. Dikunjungi pada tanggal 1 September 2018, jam 22.10.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Metadata Citra Satelit Landsat 5 Tahun 1994

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0501701118896_16124"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LT51180651994253DKI00"
  LANDSAT_PRODUCT_ID =
"LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1"
  COLLECTION_NUMBER = 01
  FILE_DATE = 2017-01-12T23:34:10Z
  STATION_ID = "DKI"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_12.8.3"
  DATA_CATEGORY = "NOMINAL"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  DATA_TYPE_L0RP = "TMR_L0RP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  EPHEMERIS_TYPE = "PREDICTIVE"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_5"
  SENSOR_ID = "TM"
  SENSOR_MODE = "SAM"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 065
  DATE_ACQUIRED = 1994-09-10
  SCENE_CENTER_TIME = "01:52:27.2970060Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.29024
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.02879
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.28177
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 114.14821
```

CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.18684
 CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.03310
 CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.17579
 CORNER_LR_LON_PRODUCT = 114.16137
 CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 613800.000
 CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -695400.000
 CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 848400.000
 CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -695400.000
 CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 613800.000
 CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -905100.000
 CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 848400.000
 CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -905100.000
 REFLECTIVE_LINES = 6991
 REFLECTIVE_SAMPLES = 7821
 THERMAL_LINES = 6991
 THERMAL_SAMPLES = 7821
 FILE_NAME_BAND_1 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B1.TIF"
 FILE_NAME_BAND_2 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B2.TIF"
 FILE_NAME_BAND_3 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B3.TIF"
 FILE_NAME_BAND_4 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B4.TIF"
 FILE_NAME_BAND_5 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B5.TIF"
 FILE_NAME_BAND_6 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B6.TIF"
 FILE_NAME_BAND_7 =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_B7.TIF"
 FILE_NAME_BAND_QUALITY =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_BQA.TIF"
 GROUND_CONTROL_POINT_FILE_NAME =
 "LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_GCP.txt"

```
ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =  
"LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_ANG.txt"  
REPORT_VERIFY_FILE_NAME =  
"LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_VER.txt"  
BROWSE_VERIFY_FILE_NAME =  
"LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_VER.jpg"  
METADATA_FILE_NAME =  
"LT05_L1TP_118065_19940910_20170112_01_T1_MTL.txt"  
CPF_NAME = "LT05CPF_19940701_19940930_01.03"  
END_GROUP = PRODUCT_METADATA  
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES  
CLOUD_COVER = 2.00  
CLOUD_COVER_LAND = 1.00  
IMAGE_QUALITY = 9  
SUN_AZIMUTH = 73.12201184  
SUN_ELEVATION = 50.03545937  
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0070291  
SATURATION_BAND_1 = "Y"  
SATURATION_BAND_2 = "Y"  
SATURATION_BAND_3 = "Y"  
SATURATION_BAND_4 = "Y"  
SATURATION_BAND_5 = "Y"  
SATURATION_BAND_6 = "N"  
SATURATION_BAND_7 = "Y"  
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4  
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 80  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 5.182  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 3.345  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 3.958  
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 329  
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 0.217  
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UL = 0.221  
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UR = 0.192  
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LL = 0.234  
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LR = 0.223
```

```
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 193.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -1.520
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 365.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -2.840
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 264.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -1.170
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 221.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -1.510
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 30.200
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.370
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 15.303
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = 1.238
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 16.500
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.150
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 0.316297
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.002491
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 0.661091
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.005144
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 0.564484
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.002502
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 0.681594
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.004657
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 0.459039
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.005624
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 0.639197
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.005811
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
```

```

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_GAIN_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_6 =
"INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_GAIN_BAND_7 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_6 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_7 = "CPF"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 7.6583E-01
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.4482E+00
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.0440E+00
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 8.7602E-01
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 1.2035E-01

```

RADIANCE_MULT_BAND_6 = 5.5375E-02
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 6.5551E-02
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -2.28583
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -4.28819
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -2.21398
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -2.38602
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -0.49035
RADIANCE_ADD_BAND_6 = 1.18243
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -0.21555
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 1.2551E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.6230E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.2322E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.7018E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 1.8294E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.5394E-03
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.003746
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.007767
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.004734
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.007359
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.007453
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.008350
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_6 = 607.76
K2_CONSTANT_BAND_6 = 1260.56
END_GROUP = THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"


```
MAP_PROJECTION_LORA = "NA"  
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS  
END_GROUP = L1_METADATA_FILE  
END
```

Lampiran 2 Metadata Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2002

```

GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0501701271000_16969"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LE71180652002235SGS00"
  LANDSAT_PRODUCT_ID =
"LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1"
  COLLECTION_NUMBER = 01
  FILE_DATE = 2017-01-29T16:02:23Z
  STATION_ID = "SGS"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_12.8.3"
  DATA_CATEGORY = "NOMINAL"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_7"
  SENSOR_ID = "ETM"
  SENSOR_MODE = "SAM"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 065
  DATE_ACQUIRED = 2002-08-23
  SCENE_CENTER_TIME = "02:23:50.8280572Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.27943
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.00165
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.27106
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 114.12648
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.18420
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.00586
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.17325
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 114.13959

```

CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 610800.000
 CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -694200.000
 CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 846000.000
 CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -694200.000
 CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 610800.000
 CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -904800.000
 CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 846000.000
 CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -904800.000
 PANCHROMATIC_LINES = 14041
 PANCHROMATIC_SAMPLES = 15681
 REFLECTIVE_LINES = 7021
 REFLECTIVE_SAMPLES = 7841
 THERMAL_LINES = 7021
 THERMAL_SAMPLES = 7841
 FILE_NAME_BAND_1 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B1.TIF"
 FILE_NAME_BAND_2 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B2.TIF"
 FILE_NAME_BAND_3 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B3.TIF"
 FILE_NAME_BAND_4 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B4.TIF"
 FILE_NAME_BAND_5 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B5.TIF"
 FILE_NAME_BAND_6_VCID_1 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B6_VCID_
 1.TIF"
 FILE_NAME_BAND_6_VCID_2 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B6_VCID_
 2.TIF"
 FILE_NAME_BAND_7 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B7.TIF"
 FILE_NAME_BAND_8 =
 "LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_B8.TIF"

```

FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_BQA.TIF"
GROUND_CONTROL_POINT_FILE_NAME =
"LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_GCP.txt"
ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
"LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_ANG.txt"
METADATA_FILE_NAME =
"LE07_L1TP_118065_20020823_20170129_01_T1_MTL.txt"
CPF_NAME = "LE07CPF_20020701_20020930_01.02"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 1.00
CLOUD_COVER_LAND = 2.00
IMAGE_QUALITY = 9
SUN_AZIMUTH = 59.48886580
SUN_ELEVATION = 53.30908335
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0112849
SATURATION_BAND_1 = "Y"
SATURATION_BAND_2 = "Y"
SATURATION_BAND_3 = "Y"
SATURATION_BAND_4 = "Y"
SATURATION_BAND_5 = "Y"
SATURATION_BAND_6_VCID_1 = "N"
SATURATION_BAND_6_VCID_2 = "N"
SATURATION_BAND_7 = "Y"
SATURATION_BAND_8 = "N"
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 166
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 3.599
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 2.676
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 2.407
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 191.600
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -6.200

```

RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 196.500
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -6.400
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 152.900
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -5.000
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 241.100
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -5.100
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 31.060
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -1.000
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6_VCID_1 = 17.040
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6_VCID_1 = 0.000
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6_VCID_2 = 12.650
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6_VCID_2 = 3.200
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 10.800
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.350
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 243.100
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -4.700
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 0.302353
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.009784
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 0.340159
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.011079
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 0.322132
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.010534
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 0.723277
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.015300
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 0.450328
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.014499
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 0.426491
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.013821
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 0.592157
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.011449
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255

```

QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6_VCID_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6_VCID_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6_VCID_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6_VCID_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_GAIN_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_6_VCID_1 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_6_VCID_2 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_7 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_8 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_1 =
"INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_2 =
"INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_3 =
"INTERNAL_CALIBRATION"

```

```
CORRECTION_BIAS_BAND_4 =  
"INTERNAL_CALIBRATION"  
CORRECTION_BIAS_BAND_5 =  
"INTERNAL_CALIBRATION"  
CORRECTION_BIAS_BAND_6_VCID_1 =  
"INTERNAL_CALIBRATION"  
CORRECTION_BIAS_BAND_6_VCID_2 =  
"INTERNAL_CALIBRATION"  
CORRECTION_BIAS_BAND_7 =  
"INTERNAL_CALIBRATION"  
CORRECTION_BIAS_BAND_8 =  
"INTERNAL_CALIBRATION"  
GAIN_BAND_1 = "H"  
GAIN_BAND_2 = "H"  
GAIN_BAND_3 = "H"  
GAIN_BAND_4 = "L"  
GAIN_BAND_5 = "H"  
GAIN_BAND_6_VCID_1 = "L"  
GAIN_BAND_6_VCID_2 = "H"  
GAIN_BAND_7 = "H"  
GAIN_BAND_8 = "L"  
GAIN_CHANGE_BAND_1 = "HH"  
GAIN_CHANGE_BAND_2 = "HH"  
GAIN_CHANGE_BAND_3 = "HH"  
GAIN_CHANGE_BAND_4 = "LL"  
GAIN_CHANGE_BAND_5 = "HH"  
GAIN_CHANGE_BAND_6_VCID_1 = "LL"  
GAIN_CHANGE_BAND_6_VCID_2 = "HH"  
GAIN_CHANGE_BAND_7 = "HH"  
GAIN_CHANGE_BAND_8 = "LL"  
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_1 = 0  
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_2 = 0  
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_3 = 0  
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_4 = 0  
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_5 = 0
```

GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_6_VCID_1 = 0
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_6_VCID_2 = 0
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_7 = 0
GAIN_CHANGE_SCAN_BAND_8 = 0
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 7.7874E-01
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 7.9882E-01
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 6.2165E-01
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6929E-01
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 1.2622E-01
RADIANCE_MULT_BAND_6_VCID_1 = 6.7087E-02
RADIANCE_MULT_BAND_6_VCID_2 = 3.7205E-02
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.3898E-02
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 9.7559E-01
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -6.97874
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -7.19882
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -5.62165
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -6.06929
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -1.12622
RADIANCE_ADD_BAND_6_VCID_1 = -0.06709
RADIANCE_ADD_BAND_6_VCID_2 = 3.16280
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -0.39390
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -5.67559
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 1.2289E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 1.3828E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 1.3097E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.9078E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 1.8300E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 1.7335E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.3764E-03
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.011013
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.012462
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.011844
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.018207


```
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.016329
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.015555
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.013825
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = THERMAL_CONSTANTS
  K1_CONSTANT_BAND_6_VCID_1 = 666.09
  K2_CONSTANT_BAND_6_VCID_1 = 1282.71
  K1_CONSTANT_BAND_6_VCID_2 = 666.09
  K2_CONSTANT_BAND_6_VCID_2 = 1282.71
END_GROUP = THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
  MAP_PROJECTION = "UTM"
  DATUM = "WGS84"
  ELLIPSOID = "WGS84"
  UTM_ZONE = 49
  GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
  GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
  GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
  ORIENTATION = "NORTH_UP"
  RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

Lampiran 3 Metadata Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2013

```

GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0501705025372_00001"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC81180652013225LGN01"
  LANDSAT_PRODUCT_ID =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1"
  COLLECTION_NUMBER = 01
  FILE_DATE = 2017-05-03T01:38:12Z
  STATION_ID = "LGN"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.7.0"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 65
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 118
  TARGET_WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2013-08-13
  SCENE_CENTER_TIME = "02:37:46.2946880Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18433
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.07196
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.17613
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 114.13946
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29254
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.07695
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.28153
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 114.15405

```

CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 618600.000
CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683700.000
CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 847500.000
CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683700.000
CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 618600.000
CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -916800.000
CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 847500.000
CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -916800.000
PANCHROMATIC_LINES = 15541
PANCHROMATIC_SAMPLES = 15261
REFLECTIVE_LINES = 7771
REFLECTIVE_SAMPLES = 7631
THERMAL_LINES = 7771
THERMAL_SAMPLES = 7631
FILE_NAME_BAND_1 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B10.TIF"

```

FILE_NAME_BAND_11 =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_BQA.TIF"
ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_ANG.txt"
METADATA_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_118065_20130813_20170503_01_T1_MTL.txt"
CPF_NAME = "LC08CPF_20130701_20130919_01.01"
BPF_NAME_OLI =
"LO8BPF20130813021429_20130813023906.01"
BPF_NAME_TIRS =
"LT8BPF20130813021035_20130813023959.01"
RLUT_FILE_NAME =
"LC08RLUT_20130211_20150302_01_11.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 6.85
CLOUD_COVER_LAND = 7.88
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_MODEL = "ACTUAL"
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"
TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
ROLL_ANGLE = -0.000
SUN_AZIMUTH = 52.38323547
SUN_ELEVATION = 54.12562015
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0131579
SATURATION_BAND_1 = "N"
SATURATION_BAND_2 = "N"
SATURATION_BAND_3 = "Y"
SATURATION_BAND_4 = "Y"
SATURATION_BAND_5 = "Y"
SATURATION_BAND_6 = "Y"
SATURATION_BAND_7 = "Y"

```

```
SATURATION_BAND_8 = "N"  
SATURATION_BAND_9 = "N"  
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4  
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 271  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 8.297  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 5.904  
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.830  
TRUNCATION_OLI = "UPPER"  
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES  
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 740.44904  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -61.14652  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 758.22882  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -62.61478  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 698.70135  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -57.69899  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 589.18433  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -48.65504  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 360.55145  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.77446  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 89.66586  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.40464  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.22220  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.49576  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 666.79456  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -55.06411  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 140.91168  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.63653  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033  
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180  
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033  
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE  
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE  
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
```

```
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
```

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2232E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2525E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1542E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.7330E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9561E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4812E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9925E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1015E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3278E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -61.15875
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.62731
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.71053
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.66477
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.78041
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.40612
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.49626
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -55.07513
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.63886
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05

```
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```


Lampiran 4 Metadata Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2018

```

GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0701810098865_00017"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC81180652018271LGN00"
  LANDSAT_PRODUCT_ID =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1"
  COLLECTION_NUMBER = 01
  FILE_DATE = 2018-10-09T19:56:04Z
  STATION_ID = "LGN"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_13.1.0"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 65
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 118
  TARGET_WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2018-09-28
  SCENE_CENTER_TIME = "02:35:28.6272500Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18432
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.07739
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.17610
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 114.14487
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29253
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.08240
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.28148
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 114.15949

```

CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 619200.000
CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683700.000
CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 848100.000
CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683700.000
CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 619200.000
CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -916800.000
CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 848100.000
CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -916800.000
PANCHROMATIC_LINES = 15541
PANCHROMATIC_SAMPLES = 15261
REFLECTIVE_LINES = 7771
REFLECTIVE_SAMPLES = 7631
THERMAL_LINES = 7771
THERMAL_SAMPLES = 7631
FILE_NAME_BAND_1 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B10.TIF"

```

FILE_NAME_BAND_11 =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_BQA.TIF"
ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_ANG.txt"
METADATA_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_118065_20180928_20181009_01_T1_MTL.txt"
CPF_NAME = "LC08CPF_20180701_20180930_01.03"
BPF_NAME_OLI =
"LO8BPF20180928021208_20180928030622.01"
BPF_NAME_TIRS =
"LT8BPF20180925144501_20181006213757.01"
RLUT_FILE_NAME =
"LC08RLUT_20150303_20431231_01_12.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 0.82
CLOUD_COVER_LAND = 0.97
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_MODEL = "FINAL"
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "ESTIMATED"
TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 79.61142703
SUN_ELEVATION = 63.84730260
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0021174
SATURATION_BAND_1 = "Y"
SATURATION_BAND_2 = "Y"
SATURATION_BAND_3 = "Y"
SATURATION_BAND_4 = "Y"
SATURATION_BAND_5 = "Y"
SATURATION_BAND_6 = "Y"
SATURATION_BAND_7 = "Y"

```

```
SATURATION_BAND_8 = "N"
SATURATION_BAND_9 = "N"
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 230
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 9.499
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 7.066
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 6.348
TRUNCATION_OLI = "UPPER"
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 756.85419
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -62.50127
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 775.02789
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -64.00206
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 714.18158
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -58.97735
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 602.23816
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -49.73302
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 368.53973
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -30.43413
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 91.65247
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.56869
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.89179
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.55105
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 681.56787
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -56.28410
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 144.03368
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.89435
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
```

REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2503E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2803E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1798E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.9486E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.0880E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5140E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.1031E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1259E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3793E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -62.51377
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -64.01486
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -58.98915
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -49.74297
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.44022
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.57021
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.55156
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -56.29535
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.89673
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05

```

REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END

```

Lampiran 5 Perhitungan SoF



Perhitungan *strength of figure* adalah sebagai berikut:

Jumlah <i>baseline</i>	= 11	
Jumlah titik	= 7	
N _{ukuran}	= Jumlah <i>baseline</i> x 3	= 33
N _{parameter}	= Jumlah titik x 3	= 21
U	= N _{ukuran} – N _{parameter}	
	= 12	

Persamaan:

$$B1 + V1 = X2 - X1$$

$$B2 + V2 = X3 - X2$$

$$B3 + V3 = X1 - X3$$

$$B4 + V4 = X4 - X3$$

$$B5 + V5 = X1 - X4$$

$$B6 + V6 = X5 - X3$$

$$B7 + V7 = X4 - X5$$

$$B8 + V8 = X6 - X5$$

$$B9 + V9 = X4 - X6$$

$$B10 + V10 = X7 - X5$$

$$B11 + V11 = X6 - X7$$

Dari persamaan di atas, diperoleh:

$$V1 = X2 - X1 - B1$$

$$V2 = X3 - X2 - B2$$

$$V3 = X1 - X3 - B3$$

$$V4 = X4 - X3 - B4$$

$$V5 = X1 - X4 - B5$$

$$V6 = X5 - X3 - B6$$

$$V7 = X4 - X5 - B7$$

$$V8 = X6 - X5 - B8$$

$$V9 = X4 - X6 - B9$$

$$V10 = X7 - X5 - B10$$

$$V11 = X6 - X7 - B11$$

Sehingga diperoleh matriks desain berikut:

A =

$$\begin{array}{ccccccc} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{SoF} &= [\text{Trace}(A^T A)^{-1}] / U \\ &= 0,546 \end{aligned}$$

Lampiran 6 Hasil Pengambilan Data di Lapangan

No.	X (m)	Y (m)	Hasil Klasifikasi	Data Lapangan
1	688280	9187173	Pemukiman	Pemukiman
2	684585	9182395	Pemukiman	Pemukiman
3	684743	9175864	Pemukiman	Pemukiman
4	690803	9183535	Pemukiman	Pemukiman
5	689429	9180867	Pemukiman	Pemukiman
6	688225	9177203	Pemukiman	Pemukiman
7	687940	9174197	Pemukiman	Pemukiman
8	688665	9170455	Pemukiman	Pemukiman
9	683021	9164781	Perairan	Perairan
10	685021	9164819	Perairan	Perairan
11	687106	9165570	Perairan	Perairan
12	686441	9165208	Perairan	Perairan
13	683677	9164237	Perairan	Perairan
14	689001	9165634	Perairan	Perairan
15	691096	9165602	Perairan	Perairan
16	685737	9169460	Sawah	Sawah
17	682484	9180468	Sawah	Sawah
18	692484	9185137	Sawah	Sawah
19	688532	9180656	Sawah	Sawah
20	684043	9183937	Sawah	Sawah
21	684445	9177566	Sawah	Sawah
22	684895	9171968	Sawah	Sawah
23	687791	9178588	Sawah	Sawah
24	690155	9164875	Sawah	Sawah
25	688669	9169059	Lumpur	Lumpur
26	688210	9168256	Lumpur	Lumpur
27	687914	9167356	Lumpur	Lumpur
28	688155	9166225	Lumpur	Lumpur
29	689480	9166288	Lumpur	Lumpur

No.	X (m)	Y (m)	Hasil Klasifikasi	Data Lapangan
30	689925	9167035	Lumpur	Lumpur
31	690242	9167928	Lumpur	Lumpur
32	689967	9168531	Lumpur	Lumpur
33	683194	9185552	Ladang	Ladang
34	687449	9184852	Ladang	Ladang
35	686302	9181037	Ladang	Ladang
36	684525	9174482	Ladang	Ladang
37	686954	9171384	Ladang	Ladang
38	689478	9172207	Ladang	Ladang
39	690122	9177680	Ladang	Ladang
40	687658	9173528	Ladang	Ladang
41	683191	9186415	Perkebunan	Perkebunan
42	682466	9174290	Perkebunan	Perkebunan
43	686203	9169070	Perkebunan	Ladang
44	682036	9172124	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka
45	691131	9167362	Perkebunan	Sawah
46	686375	9172690	Perkebunan	Perkebunan
47	686835	9173665	Perkebunan	Ladang
48	688069	9180746	Perkebunan	Sawah
49	688717	9183670	Perkebunan	Perkebunan
50	685425	9182725	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka
51	685870	9178985	Lahan Terbuka	Sawah
52	682943	9177497	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka
53	685341	9172553	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka
54	686845	9173065	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka

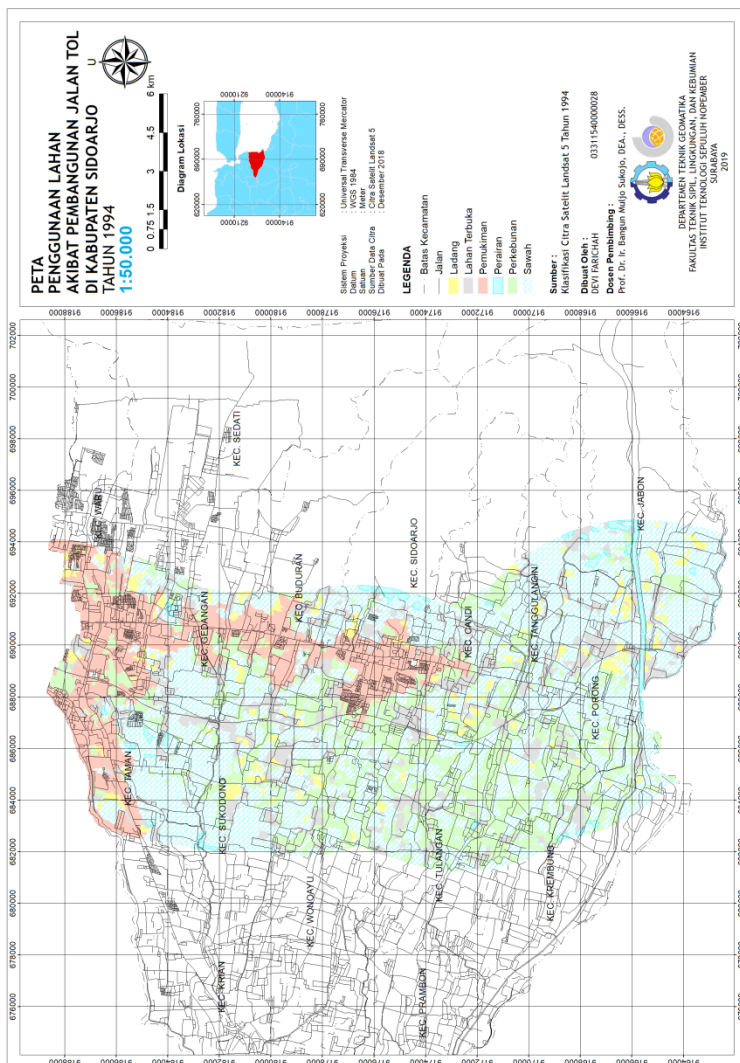
No.	X (m)	Y (m)	Hasil Klasifikasi	Data Lapangan
55	687105	9181105	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka
56	691211	9181334	Lahan	Sawah

Lampiran 7 Sampel Data Lapangan

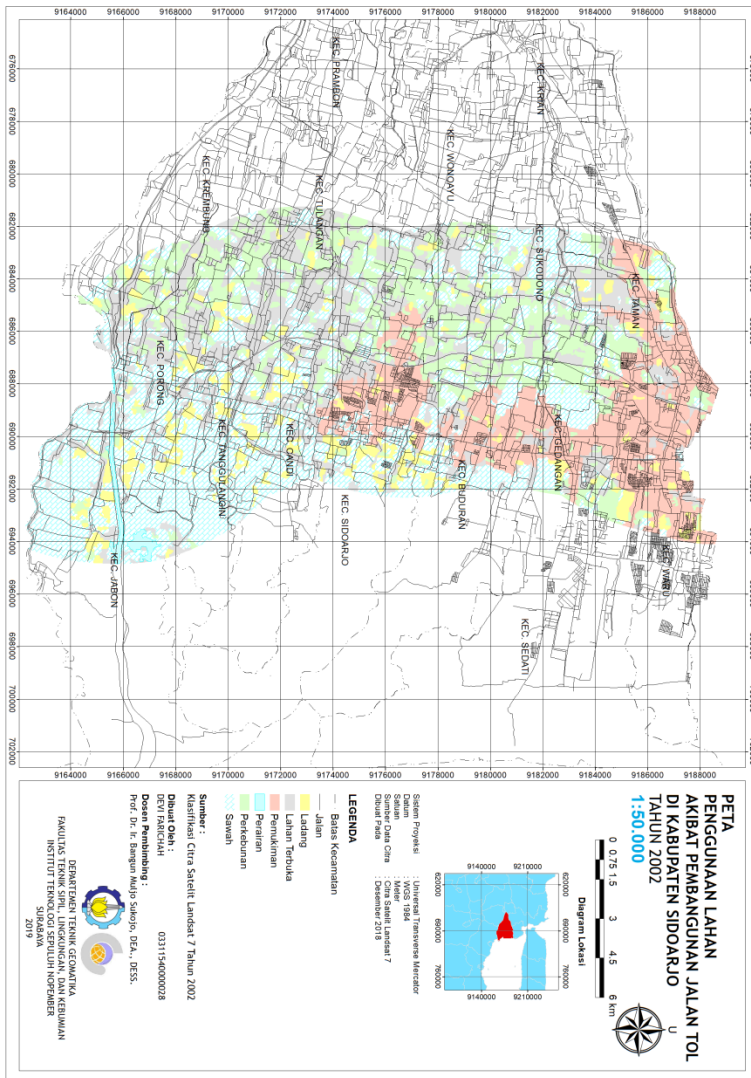




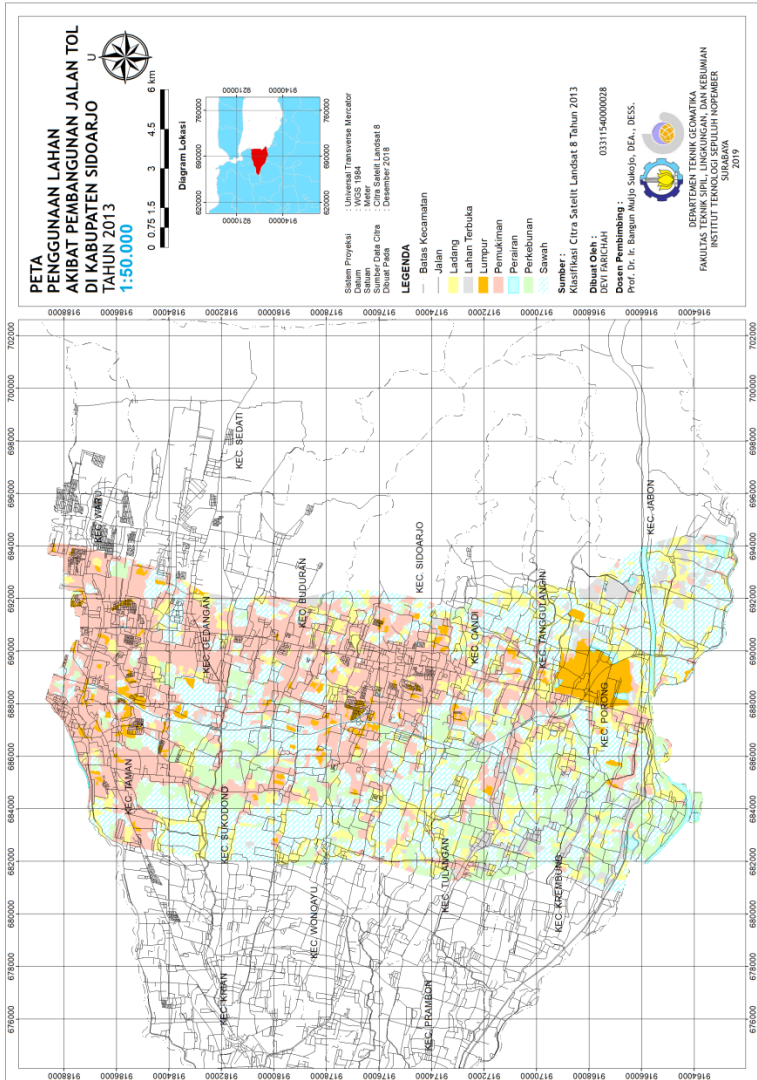
Lampiran 8 Peta Penggunaan Lahan Tahun 1994



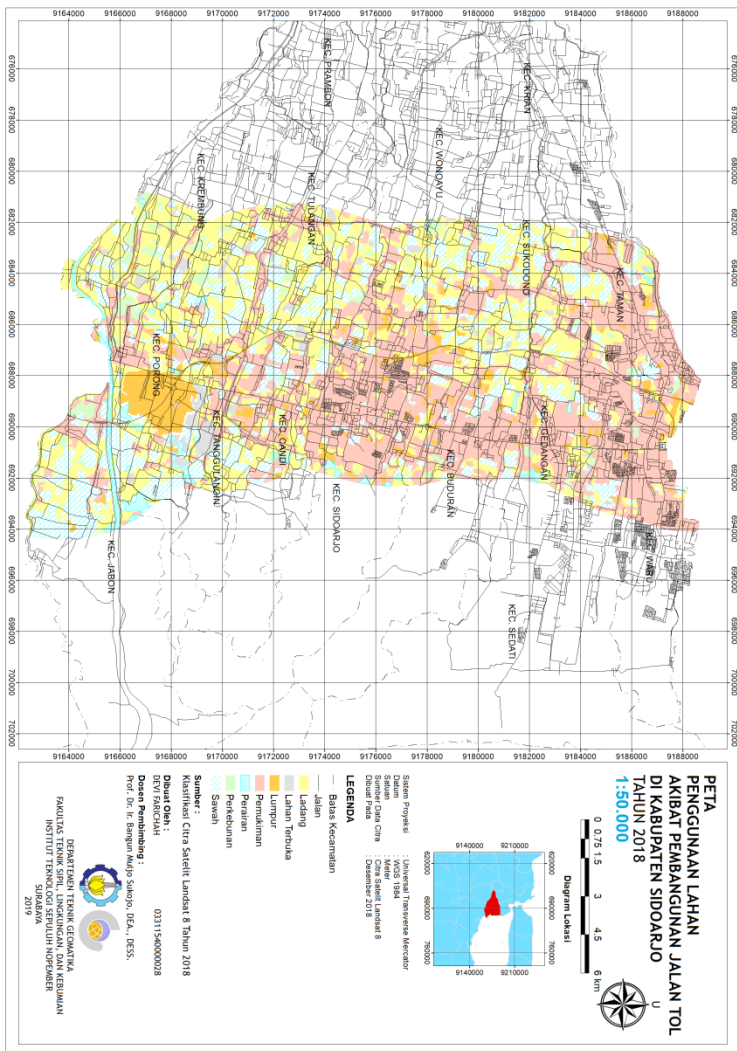
Lampiran 9 Peta Penggunaan Lahan Tahun 2002



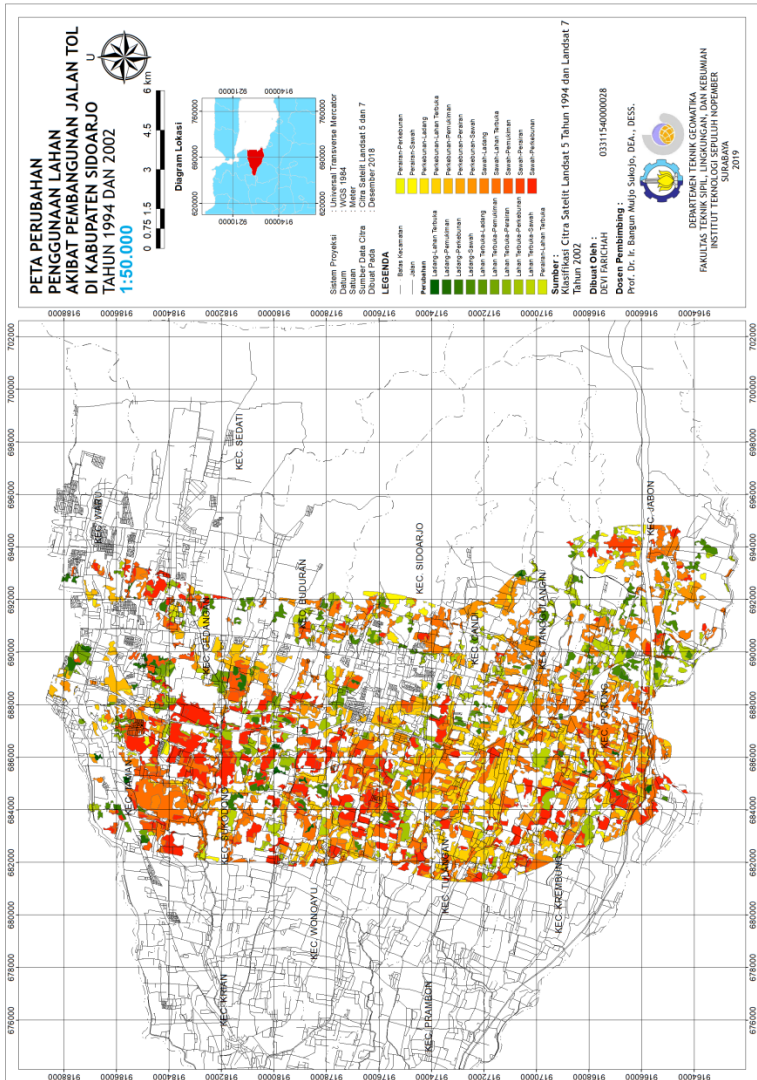
Lampiran 10 Peta Penggunaan Lahan Tahun 2013

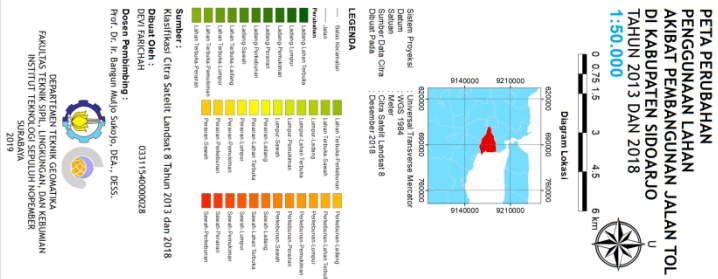


Lampiran 11 Peta Penggunaan Lahan Tahun 2018



Lampiran 12 Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1994 dan 2002





BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang, 1 Desember 1996, merupakan anak dari Bapak Abdul Karim dan Ibu Roichah dan anak terakhir dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mambaul Ulum, MI Mambaul Ulum, MTs Negeri Malang 3, dan SMA Negeri 1 Kepanjen, Kabupaten Malang. Pada bangku SMA penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler pramuka dan jurnalistik. Setelah lulus SMA, melanjutkan studi di Departemen Teknik Geomatika ITS melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2015. Penulis tergabung dalam angkatan G17 dan aktif dalam HIMAGE-ITS selama masa perkuliahan. Pada tahun 2016-2017, penulis menjadi staf Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMAGE-ITS dan staf ahli Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMAGE-ITS pada tahun 2017-2018. Selain itu, penulis juga aktif dalam berbagi kegiatan kampus, seperti kepanitiaan dan pelatihan. Kegiatan kepanitiaan yang pernah diikuti yaitu *Geolympic* dan *Geoicon* Teknik Geomatika 2016 dan mengikuti beberapa pelatihan, diantaranya LKMM Pra-TD, Karya Tulis Ilmiah, LKMW TD, jurnalistik, dan Pendamping Keilmiahan. Penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2018. Penulis berharap segala sesuatu yang ingin disampaikan, baik mengenai tugas akhir maupun saran dapat disampaikan kepada penulis melalui *e-mail* devifarichah@gmail.com.